

## **Pınarbaşı Granitoidi (Gediz-Kütahya) Mo-Cu, Pb-Zn ve Sb±Ag Cevherleşmeleri: Polimetallik Cevherleşmelere Orta-Batı Anadolu'dan Bir Örnek**

*The Pınarbaşı granitoid (Gediz-Kütahya) Mo-Cu, Pb-Zn and Sb±Ag Mineralizations: an Example of the Polymetallic Mineralizations From the Mid-West Anatolia*

\*Okan DELİBAŞ<sup>1</sup> Oktay PARLAK<sup>1</sup> Fatih PEKDEMİR<sup>1</sup> Cüneyt BARAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MTA Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, Üniversiteler Mahallesi, Dumlupınar Bulvarı, No:139, 06800, Çankaya/Ankara

Geliş (received) : 23 Mart (March) 2012

Kabul (accepted) : 11 Temmuz (July) 2012

### **ÖZ**

Orta-Batı Ege Bölgesinde Eğrigöz, Koyunoba ve Baklan granitoidleri ile birlikte Menderes masifinin kuzeydoğu kenarında yüzeylenen Pınarbaşı granitoidi başlıca granit, porfirik monzonit ve kuvars-monzodiyoritlerden oluşmaktadır. Farklı mineralojik ve dokusal özelliklere sahip bu magmatik birimlerin birbirlerini keser ilişkiler sunması, Pınarbaşı granitoidinin bölgeye çok fazla getirimlerle yerleştiğini göstermektedir. Pınarbaşı granitoidini kuzeybatıda kireçtaşları, güneybatıda ise ofiyolitik melanj birimleri sınırlandırmakta ve tüm bu birimler ise normal ve doğrultu atımlı fay sistemleri tarafından kesilmektedir.

Çalışma bölgesinde Mo-Cu-Pb-Zn, Pb-Zn ve Sb±Ag olmak üzere üç farklı tipte cevherleşme saptanmıştır. Mo-Cu-Pb-Zn cevherleşmesi; granitoidi kesen ağsal kuvars damarları ile KB, KD doğrultulu kırık hatlarına paralel gelişmiş kuvars damarları ve silisleşmiş zonlarla ilişkilidir. Cevherleşmenin ana mineralleri başlıca molibdenit, kalkopirit, pirit, sfalerit, galenit ve fahlerz grubu minerallerdir. Ana alterasyon tipleri ise serisitleşme, killeşme ve silisleşmedir. Pb-Zn cevherleşmesi, kireçtaşları içerisinde kırık hatları boyunca gelişen silisleşmiş zonlar ile ilişkilidir. Cevherleşmenin ana mineralleri galenit, sfalerit, anglezit ve serüsittir. Sb±Ag cevherleşmesi ise ofiyolitik melanj içerisinde jasperoid ve listvenitler ile ilişkili olarak gözlenmektedir.

Dokanak ilişkileri, yan kayaç alterasyonları, cevherleşme tipleri, cevherleşmeye eşlik eden mineraller ile yan kayaçlarda gözlenen cevherleşmeler ve alterasyonlar, bölgede saptanan tüm bu cevherleşmelerin iki farklı evrede geliştiğini göstermektedir. Birinci evrede, granit içerisine porfirik monzonit sokulumu ile ağsal kuvars damarlarına bağlı Cu-Mo-Pb-Zn cevherleşmesi ve bu cevherleşmeler ile ilintili serisitleşme ve killeşme, ikinci evrede ise porfirik monzonitleri kesen kırık sistemlerine paralel kuvars damarlarına ve silisleşmelere bağlı Mo-Cu-Pb-Zn cevherleşmesi gelişmiştir. Mo içeren bu damarlar çevresinde ise daha önce gelişmiş alterasyon zonlarını maskeleyen ve başlıca profilit-, muskovit-, andaluzit-, alunit-, diaspor-, apatit-, florit ve kil grubu minerallerden oluşan alterasyon zarfları tanımlanmıştır. Ayrıca, ikinci evre cevherleşmelerinin; bölgede kireçtaşları içerisinde Pb-Zn, jasperoidler içerisinde ise Sb±Ag cevherleşmelerinin gelişiminde de önemli rol oynadığı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Pınarbaşı granitoidi, Orta-Batı Anadolu, Mo-Cu-Pb-Zn cevherleşmesi, Sb±Ag±Au cevherleşmesi, Alterasyon tipleri.

**ABSTRACT**

*Pınarbaşı granitoid cropping out together with Egrigöz, Koyunoba and Baklan granitoids along the northeastern border of the Menderes massif consists mainly of granite, porphyry monzonite and quartz-monzodiorite. The cross-cutting relationships between these magmatic units with different textures and mineralogy show that granitoid emplaced into the region with multi-phase magmatic intrusions. Pınarbaşı granitoid is bordered by limestone to the northwest and ophiolitic mélangé to the southeast and all of these units are also cut by normal and strike - slip fault systems.*

*In the study area, three different types of mineralization were detected. These are Mo-Cu-Pb-Zn, Pb-Zn and Sb±Ag±Au mineralizations. The Mo-Cu-Pb-Zn mineralization is mainly related to the stockwork quartz veins cutting the porphyry monzonite and the NW, NE oriented quartz veins and also silicified zones along the fractures within the porphyry monzonite. The main ore minerals of the mineralization are molybdenite, chalcopyrite, pyrite, sphalerite, galena and fahlerz group minerals and also the main alteration types are sericitization, argillitization and silicification. Furthermore, the Pb-Zn mineralization is related to the silicified zones along the fractures within limestone. The main ore minerals of this mineralization are galena, sphalerite, anglesite and cerussite. The Sb±Ag±Au mineralization is also related to the jasperoid and listwanites within the ophiolitic mélangé in the region.*

*Contact relationships, wall-, host- rock alterations, ore minerals and different types of mineralizations within the wall-rocks show that the mineralizations detected in the region have been evolved into two different stages. At the first stage, stockwork type Cu-Mo-Pb-Zn mineralization, relating to the monzonitic intrusion into the granite, and also argillitization and sericitization developed. On the other hand, at the second stage, Mo-Cu-Pb-Zn mineralization, relating to the quartz veins and also silicified zones which are parallel to the NW, NE oriented fractures, developed. Furthermore, pyrophyllite-, muscovite-, andalusite-, alunite-, diaspore-, apatite-, fluorite- and clay groups' alteration envelopes, overprinting the early formed the alteration zones, along Mo - bearing quartz veins were described. It is also thought that the second stage mineralization played an important role in the evolution of Pb-Zn mineralization within limestone, and also Sb±Ag±Au mineralization within the jasperoids in the region.*

**Keywords:** *Pınarbaşı granitoid, Mid-West Anatolia, Mo-Cu-Pb-Zn mineralization, Sb±Ag±Au mineralization, Alteration types.*

**GİRİŞ**

Farklı bileşimlerde magmatik kayaların ve bu magmatik kayalarla ilişkili farklı tipte cevherleşmelerin yaygın olarak gözlemlendiği Ege bölgesi, genişlemeli tektonik rejimin dünyadaki önemli örneklerinden biridir (Bozkurt ve Satır, 2000; Oktay ve Satır, 2000; Ring vd., 2003; Thomson ve Ring, 2006). Gerek bölgenin tektonizması ve gerekse bölgede yüzeylenen Senozoyik yaşlı granitoidler ve bu granitoidlerle doğrudan veya dolaylı ilişkili farklı tipte birçok maden yatak ve zuhurunun bulunması nedeniyle bölge bugüne kadar çok sayıda çalışmaya konu olmuştur. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu bölgenin önemli tektonik unsurlarından biri olan Simav fay zone ve çevresinde yoğunlaşmaktadır.

Bölgede, Eğrigöz granitoidi başta olmak üzere bu granitoidlerle ilişkili olduğu düşünülen (1) skarn tip Fe, Pb-Zn (örn: Gümüş, 1967; Aydoğan,

2006; Oyman, 2012), (2) hidrotermal tip Pb-Zn (Gawlik, 1960; Dora, 1969; Oygür, 1997; Erler, 1979; Oygür vd., 2002; Aydoğan, 2006) ve (3) epitermal tip Sb-Hg±Au±Ag (Taşkın, 1978; Soykal vd., 1980; Gonca ve diğ., 1986; Gökçe, 1986; Gökçe ve Spiro, 1994; Konya, 1995; Oygür ve Erler, 2000; Oygür vd., 2002; Şener vd., 2006) cevherleşmelerinin varlığı bilinmektedir (Şekil 1). Tüm bu cevherleşmeler ile birlikte bölgeyi etkileyen gerilmeli tektonik deformasyon ve bölgede yüzeylenen magmatik kayalar yoğun olarak çalışılmasına rağmen, cevherleşme, tektonizma ve magmatizmayı birlikte değerlendiren çalışma oldukça sınırlı sayıdadır. Özellikle farklı tip yan kayalara bağlı Mo±Cu, Pb-Zn ve Sb cevherleşmelerin birbirleriyle ve bölgedeki magmatizma-tektonizma ile olan ilişkilerinin ve cevherleşmelerin oluşum mekanizmalarının açıklanabilmesi ve ayrıca cevher getiren magmatik fazların belirlenmesi, bölgedeki

potansiyel cevherleşmelerin ortaya konulabilmesi açısından oldukça önemlidir.

Bu nedenle, Simav fay zonunun güneydoğu kesiminde yüzeylenen ve başlıca Mo±Cu, Pb-Zn ve Sb cevherleşmeleri içeren Pınarbaşı granitoidinde yürütülen bu çalışmanın amacı, bölgenin jeolojik evrimi ile birlikte bölgede gelişmiş tektonizma, magmatizma ve cevherleşme süreçlerinin birbirleriyle olan ilişkilerinin ortaya konulması ve ayrıca bu cevherleşmeler ile birlikte gelişen alterasyonların tip ve dağılımlarının belirlenmesidir.

### Bölgesel Jeoloji

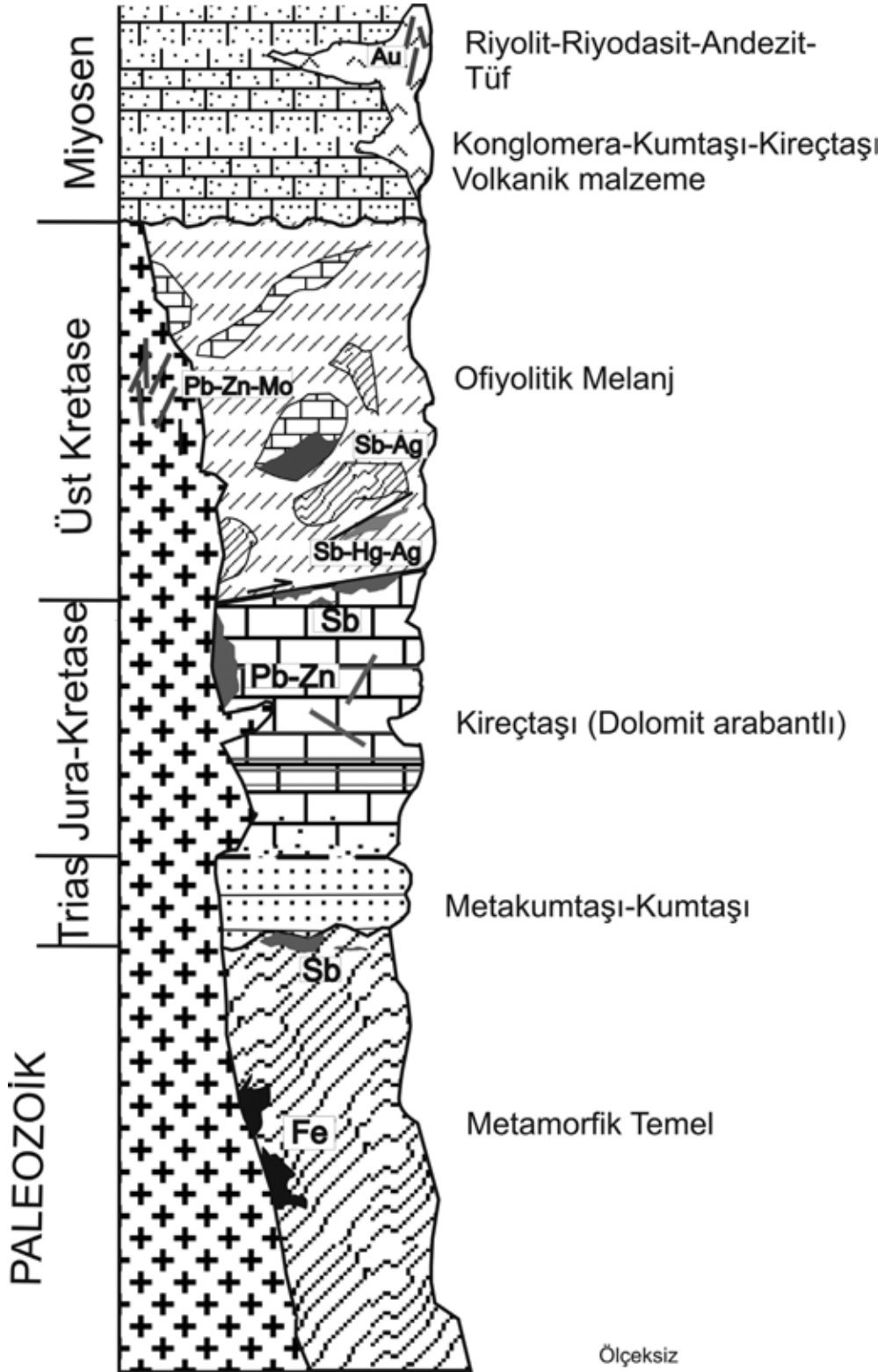
Pınarbaşı granitoidi (Oygür, 1997), Eğrigöz, Koyunoba ve Baklan granitoidleri ile birlikte Menderes Masifinin kuzeydoğu kenarında yüzeylenmekte, batıda KB doğrultulu Simav fay zonunun yaklaşık doğusunda yer almaktadır (Şekil 2).

Paleozoyik-Paleozoyik öncesi yaşlı Menderes Masifine ait yeşil şist-amfibolit fasiyesi gnays-şist-mermer aralanmaları ile metagranitler bölgenin temel birimlerini oluşturmaktadır (Konak, 1982). Temel birimler üzerine tektonik olarak kumtaşı, kıltaşı, şeyl ve yer yer dolomitize kireçtaşlarından oluşan Jura-Kretase yaşlı birimler gelmekte ve bu birimler, Dağardı melanji olarak bilinen Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanji birimleri tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir (Akdeniz ve Konak, 1979). Tüm bu birimler ise bölgede yaygın olarak yüzeylenen Miyosen yaşlı granitoidler tarafından kesilmektedir (Harris vd., 1994; Altunkaynak ve Yılmaz, 1998; Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Altunkaynak, 2007; Dilek vd., 2009) (Şekil 1). Çalışma bölgesinin güney ve kuzeybatısında ise başlıca riyolit, dasit, andezitlerden oluşan volkanik birimler yüzeylenmekte ve bu birimler, Neojen-Kuvaterner yaşlı andezitik-bazaltik bileşimli volkanik ve sedimanter kayalar tarafından örtülmektedir.

Bölgenin batısında yer alan KB-GD doğrultulu Simav fay zonu ve çevresi önemli cevherleşme (Pb-Zn, Au-Ag, Hg, Sb) ve alterasyonlar (kaolinleşme, silisleşme, alunitleşme) içermesi nedeniyle oldukça dikkat çekicidir (Şekil 2). Sağ yönlü, doğrultu atımlı, diri bir fay olarak tanımlanan Simav fayı baskın olarak normal faylanmaya yakın davranış göstermekte ve ana faya paralel

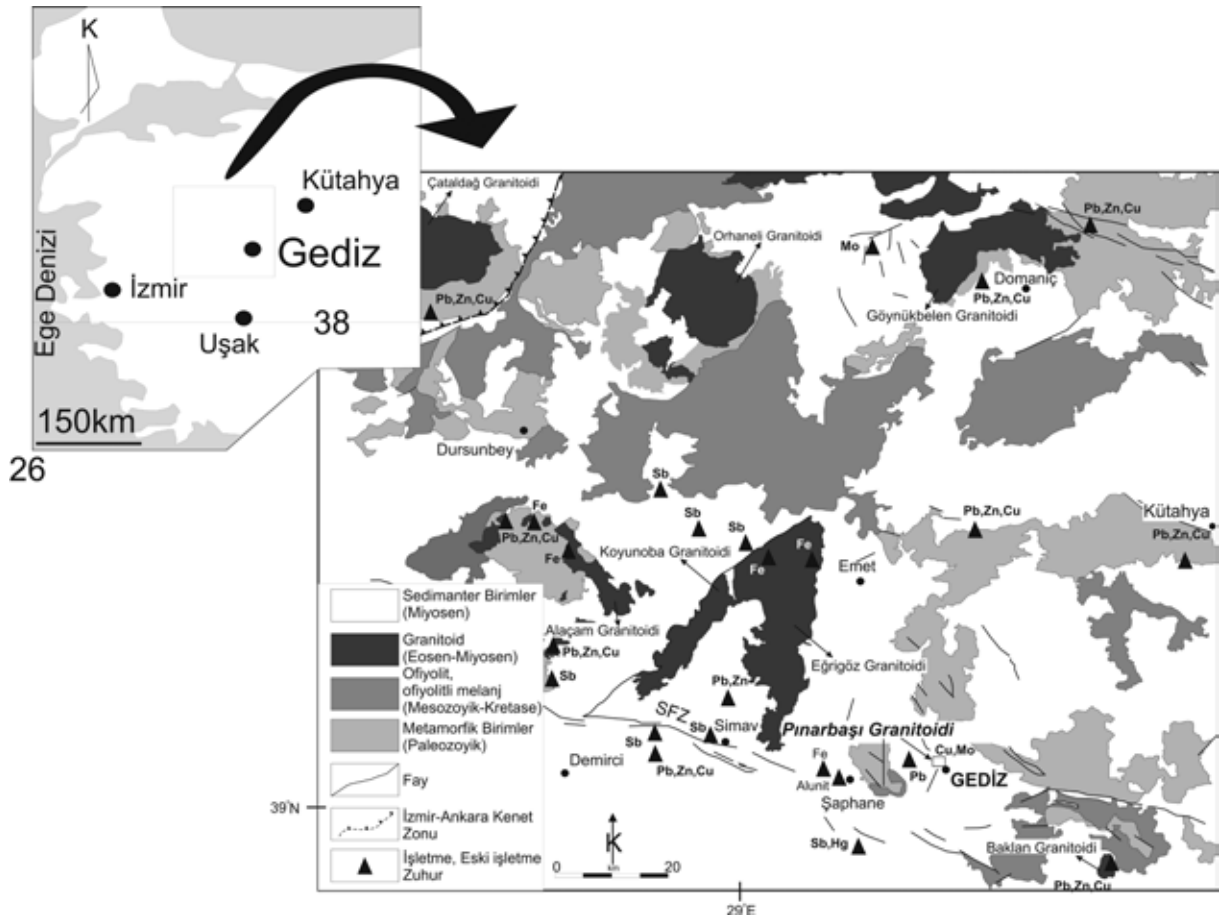
fay sistemleri ile dik transfer fay sistemlerinden oluşmaktadır (Konak, 1982; Şaroğlu vd., 1987, 1992; Doğan ve Emre, 2006; Bekler vd., 2011).

Batı Anadolu bölgesinde geç Oligosen'den itibaren iki evreli genişlemeli tektonik rejimin hüküm sürdüğü bilinmektedir (Pourceau vd., 2010). Bölgede; tektonik deformasyonun birinci evresinde sıyrıma fayları (Detachment Fault), ikinci evresinde ise graben sistemleri gelişmiştir (Se-yitoğlu ve Scott, 1992; Pourceau vd., 2010). Sıyrıma fayları, bölgenin temel birimlerini oluşturan taban bloktaki metamorfik kayalar ile tavan blokta yer alan şist-mermer aralanması ve ofiyolitik melanji birimlerini birbirinden ayırmış ve tavan blokta yoğun deformasyona neden olmuştur (Işık ve Tekeli, 2001; Işık vd., 2003; Ring vd., 2003; Işık vd., 2004; Thompson ve Ring, 2006). Genişlemeli tektonik deformasyonun ilk evresinde gelişen Simav sıyrıma fayı, ana fayın kuzey kesiminde yer almaktadır. Simav sıyrıma fayı ile birlikte Geç Oligosen-Orta Miyosen yaş aralığında Menderes masifinin kuzey kenarı yüzeylenmiş ve gelişen deformasyon etkisiyle yoğun olarak milonitleşen Menderes masifi metamorfik birimleri içerisinde milonitik deformasyonun (Ar-Ar muskovit yaşı  $22,86 \pm 0,47$ my.; Işık vd., 2004) son evresinde granitik kütleler soku-lum yapmıştır (Işık, 2004; Işık vd., 2004) (Şekil 2). Bu nedenle, bu granitik kütleler Tersiyer'de bölgede hakim olan gerilme tektonik deformasyonu ile eş yaşlı intrüzyonlar olarak kabul edilmiştir (Işık vd., 2004; Dilek vd., 2009). Başlıca granit, granodiyorit, monzonit ve az oranda diyorit ve monzodiyoritlerden oluşan ve yaygın olarak porfirik-, eş-taneli doku sunan granitoidlerin yerleşim yaşlarının genel olarak Miyosen olduğu bugüne kadar yapılan radyometrik yaş tayini çalışmaları ile ortaya konulmuştur (örn: Baklan Granitoidi: 19,4-17,8 my., Aydoğan vd., 2008; Eğrigöz Granitoidi: 20,19 my., Işık vd., 2004; 19,4±4,4 my. Hasözbe vd., 2010a; Koyunoba Granitoidi: 21,02 my., Ring and Collins, 2005; 21,7±1,0 my., Hasözbe vd., 2010a; Alaçam Granitoidi: 20±1,4my, 20,3±3,3my., Hasözbe vd., 2010b). Dilek vd., 2009, bölgede yüzeylenen sin-tektonik granitod kütleleri jeokimyasal olarak kalk-alkalin, I-tipi, magmatik kütleler olarak tanımlamakta, makaslama zonları gibi zayıf zonlarda litosferik manto malzemesinin yükselerek kabuk içerisine yerleşmesi ve ayrıca



Şekil 1. Çalışma bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik istifi ve bölgedeki mevcut cevherleşmelerin dağılımı (Soykal vd., 1980'den değiştirilerek alınmıştır).

Figure 1. Generalised stratigraphic section of the study area and distribution of mineralizations in the region (modified after Soykal et al., 1980).



Şekil 2. Orta-Batı Ege Bölgesinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritasından sadeleştirilerek alınmıştır, MTA, 2002).

Figure 2. Simplified geological map of Mid-West Aegean Region (simplified after 1/500.000 scaled İzmir plate of Turkey geological map, MTA, 2002).

bu granitoidlerin litosferik manto malzemesinin kabuk malzemesi ile karışması sonucu oluştuğunu ileri sürmektedir. Benzer şekilde, Eğrigöz ve Baklan granitoidleri ile jenetik ilişkisi olduğu düşünülen yüksek K'lı, kalk-alkalin özellikler sunan Pınarbaşı granitoidi de litosferik manto kökenli, I-tipi bir granit olarak yorumlanmaktadır (Semiz vd., 2010).

Volkanik birimler ise bölgede Miyosen-Kuvaterner aralığında hüküm süren çok evreli karasal volkanizma ile temsil edilir (Ercan vd., 1996). Başlıca riyolit, dasit, riyodasit ve andezitlerden oluşan Orta-Geç Miyosen yaşlı volkanik birimler çalışma bölgesinin güney ve kuzeybatısında yaygın olarak yüzeylenmekte ve genel olarak granitoid kütlelerinin yüzey karşılıkları olarak düşünülmektedir (Ercan vd., 1985). Bu birimler

üzerine ise Erken Pliyosen yaşlı başlıca kireçtaşı, marn, kumtaşı, tüfit ve konglomera aralanmasından oluşan Emet formasyonu (Akdeniz ve Konak, 1979) gelmekte, Emet formasyonu birimleri ise alkali nitelikte bazaltik lav ürünleri tarafından örtülmektedir (Ercan vd., 1996). Volkanizmanın son evresi ise Erken Kuvaterner'de bölgedeki riftleşmeyi yansıtan kırık-çatlak hatlarına yerleşen alkali bileşimde bazaltik lavlarla temsil edilmektedir (Ercan vd., 1996).

### Anolitik Yöntemler

İnceleme alanı ve çevresindeki potansiyel çevreleşmeleri ortaya koymak amacıyla MTA Genel Müdürlüğü ile Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü arasında yapılan protokol gereği,

Maden Etüt ve Arama Dairesinin yürütmüş olduğu 2002-32-57.d1 kodlu, "Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Eskişehir-Balıkesir-Kütahya Metalik Etüdü" projesi kapsamında yüzeyden ve sondaj karot örneklerinden derlenen toplam 3476 adet jeokimya örneğinin MTA Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi laboratuvarlarında ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometre) ve AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrometre) (Cu, Pb, Zn, Ag, As, Sb, Mo ve Au) analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca proje kapsamında 214 adet yüzey ve sondaj karot örneğinden ince kesit ve parlak kesitler hazırlanarak, mineraloji ve petrografi çalışmaları yürütülmüştür. Yüzeyden ve karot örneklerinden sistematik olarak alınan 142 adet örnek üzerinde ise Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi laboratuvarlarında Philips PW 3710/1830 cihazı ile XRD çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

### **Pınarbaşı granitoidinin jeolojisi**

Pınarbaşı granitoidi, Kütahya ili, Gediz ilçesinin yaklaşık 5km kuzeydoğusunda yer almakta ve güney doğuda Baklan ve kuzey batıda Eğrigöz ve Koyunoba granitoidleri ile birlikte Orta-Batı Anadolu'da yüzeylenen Senozoyik yaşlı granitik kütlelerin güneydoğu kesimini temsil etmektedir (Şekil 2).

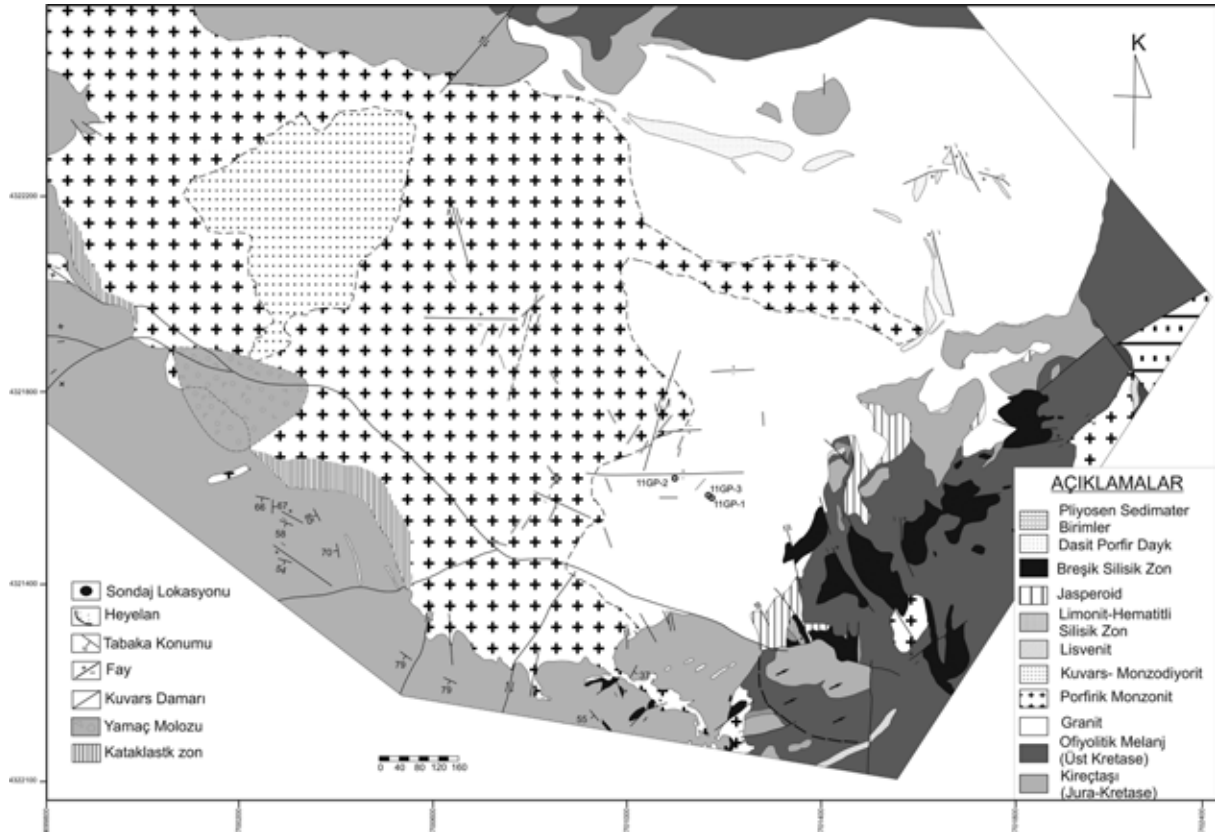
Granitik, monzonitik, ve diyoritik bileşimli magmatik kayaç birlikteliklerinden oluşan Pınarbaşı granitoidi, çalışma bölgesinin kuzeybatısında yaklaşık KB-GD doğrultulu bir hat boyunca kireçtaşları, güneybatısında ise ofiyolitik melanj birimleri ile sınırlandırılmaktadır (Şekil 3). Bölgenin kuzeybatı kesimlerinde ise başlıca kumtaşı, kiltası ve yer yer karbonatlı birimlerin aralanmasından oluşan ve Akdeniz ve Konak (1979) tarafından Kirkbudak formasyonu olarak isimlendirilen Triyas-Jura yaşlı birimler oldukça dar bir alanda yüzeylenmektedir. Tüm bu birimlere andezitik-dasitik bileşimli volkanik kayaçlar ile çalışma sahasının güney kesimlerinde Neojen-Kuvaterner yaşlı sedimanter birimler eşlik etmektedir (Şekil 3). Çalışma bölgesinin yaklaşık 20 km batısında KB doğrultulu, doğrultu atımlı Simav fayı yer almaktadır. Bu nedenle bölge, tektonik faaliyetlerden yoğun olarak

etkilenmiştir. Tokay ve Doyuran (1979)'a göre gerilme kuvvetlerinin etkisi altında kalan Gediz ve civarında karmaşık blok faylanmalarına bağlı olarak D-B, BKB-DGD ve KD-GB doğrultulu normal faylar gelişmiştir.

Bölgede oldukça geniş bir alanda yüzeylenen kireçtaşları, Kaya (1972) tarafından Budağan kireçtaşları olarak isimlendirilmiş, hematit-limonit-mangan ile doldurulmuş karstik boşluklar içeren ve başlıca kireçtaşı-dolomitize kireçtaşı seviyelerinden oluşan Budağan kireçtaşlarına fosil bulgularına göre Üst Triyas-Maestrihtiyen yaşı verilmiştir (Akdeniz ve Konak, 1979).

Kireçtaşlarının, Pınarbaşı granitoidi ile olan dokanaklarında magmatik kayaçlar yaygın olarak kırılmış, parçalanmış ve ileri derecede milonitleşmiş, kireçtaşları ise yoğun silisleşmiştir (Şekil 4.a,b). Dolayısıyla iki birim arasında faylı bir dokanak tespit edilmiştir. Dokanaktan uzaklaştıkça kireçtaşlarında silisleşme etkisi azalmakta ve silisik zonlar KB-GD, KD-GB ve D-B doğrultulu kırık ve çatlak hatları boyunca sınırlandırılmaktadır. Dokanaklarda; kireçtaşları 65-80° eğimli ve yer yer dik tabaklar şeklinde gözlenirken (Şekil 4.c), dokanaktan uzaklaştıkça tabaka eğimlerinin düştüğü ve eğimlerin 30-50° arasında değiştiği görülmektedir. Kireçtaşlarını ve granitik kayaçları kesen K-G doğrultulu doğrultu atımlı faylar boyunca birimler yoğun olarak silişmiş ve kireçtaşlarında yaygın olarak çözünme dokuları gelişmiştir (Şekil 4.d).

Pınarbaşı granitoidi ile kireçtaşı ana dokanaklarında herhangi bir kesme ilikisi saptanamadığı için dokanaklarda skarn zonu tespit edilememiştir. Fakat, çalışma sahasının güneyinde kireçtaşları içerisinde K80B doğrultulu bir hat boyunca ve ayrıca sahanın batısında K45B doğrultulu bir hat boyunca yaklaşık 10-50m genişliğinde kireçtaşlarını kesen küçük ölçekli (20m. çapında) porfirik monzonite ait apofizler gözlenmiş ve apofizler çevresinde ise 0,5-1 m genişliğinde başlıca granattan ve epidottan oluşan küçük ölçekli skarn zonları tespit edilmiştir. Ayrıca kireçtaşları içerisinde gözlenen bu skarn zonları ile birlikte, çalışma sahasının batısında (Şekil 3) kumtaşı-kiltası ve karbonatlı birimlerin aralanmasından oluşan Kirkbudak formasyonu içerisinde gelişmiş, yaklaşık 100 metre kalınlığa ve



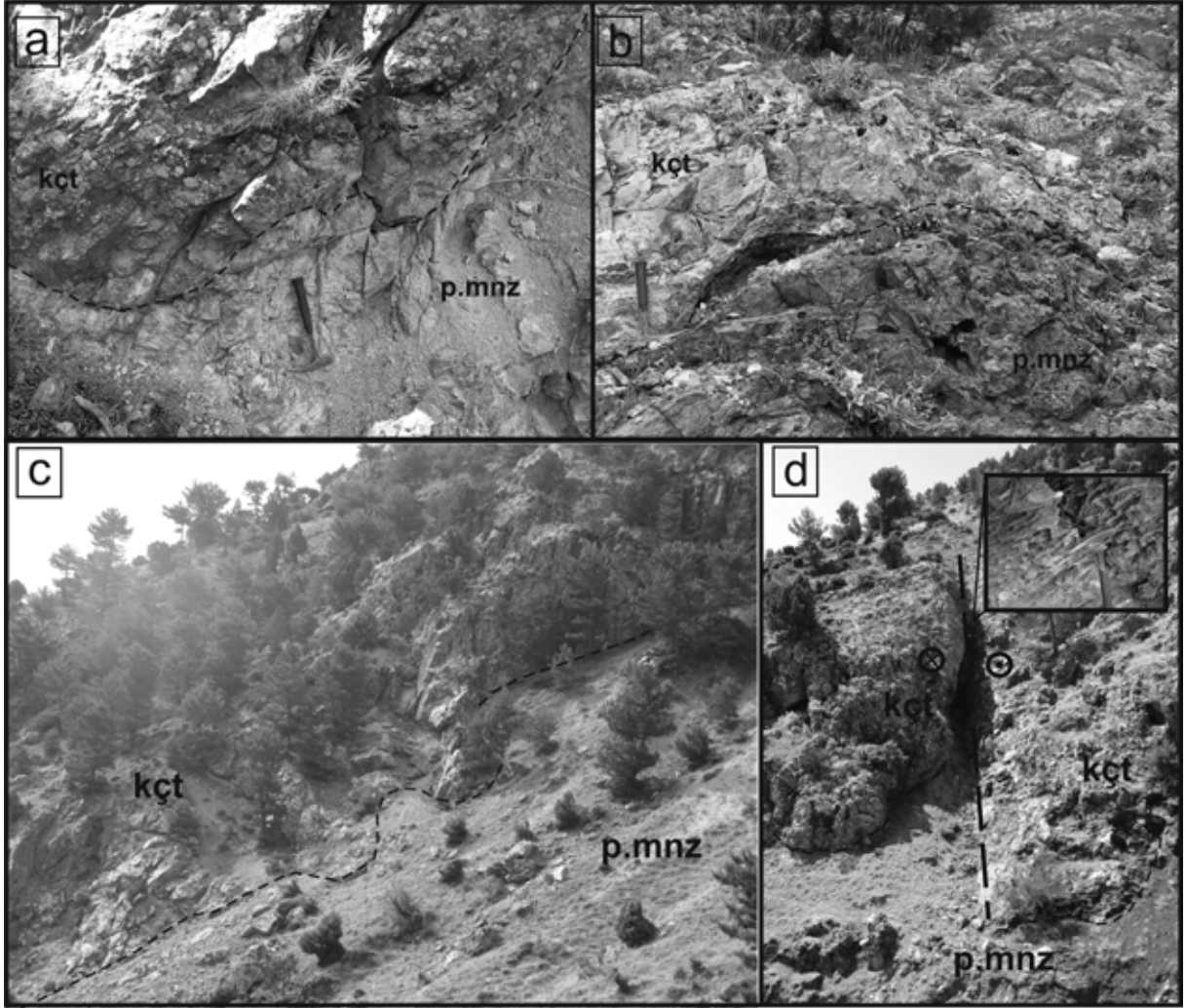
Şekil 3. Çalışma bölgesinin jeoloji haritası.  
Figure 3. The geological map of the study area.

200-300 metre devamlılığa sahip skarn zonu- nun varlığı belirlenmiştir. Bu zonda ana mineraller granat, kalsit, piroksen ve epidottur. Ayrıca bu minerallere manyetit, hematit gibi opak mineraller eşlik etmektedir. Fakat skarn zonu ve sedimenter birimler tektonik deformasyon etkisiyle yoğun olarak kırılmış, parçalanmış ve ileri derecede milonitleşmiştir. Bu nedenle birim sahada kolaylıkla ayırt edilememektedir.

Budağan kireçtaşlarını, tektonik olarak üzerleyen ofiyolitik melanjın yerleşim yaşı stratigrafi ilişkilerine göre Maestrihtiyen sonu, Eosen başıdır (Akdeniz ve Konak (1979). Başlıca radyolarit, mafik-ultra mafik kayalar, şist ve kireçtaşı bloklarından oluşan Dağardı melanjı, çalışma bölgesinin kuzeydoğusunda ve güneyinde yüzeylenmekte ve granitoidler ile olan dokanaklarında, magmatik birimlerin şiddetli tektonik deformasyona uğradığı görülmektedir. Ana dokanaklarda, magmatik kayalarda gelişen şiddetli

tektonik etkiler nedeniyle kesme ilişkileri izlenemezken, ofiyolitik melanj içerisinde KB doğrultulu kırık hatları boyunca ultrabazik kayaları kesen yaklaşık 8-10m boyunda, 2-4m genişliğinde porfirik monzonitlere ait apofizler gözlenmektedir. Apofizlerin kenar zonlarında ise, 0,5-1m genişliğinde bir zonda 1-2cm kalınlığında bantlar ve düzensiz damarlar şeklinde başlıca manyetiten oluşan küçük ölçekli skarn zonları mevcuttur (Şekil 5).

Bölgenin güneydoğusunda, granitik-monzonitik ve ofiyolitik melanjı kesen KB doğrultulu faylar boyunca melanj içerisinde yer alan kireçtaşı blokları silisleşmiş ve jasperoidleri oluşturmuştur. Ayrıca kireçtaşı blokları ile birlikte silisleşmeler, melanj birimleri içerisindeki ultrabazik kayalarda da gelişmiş ve arazi gözlemlerine göre listvenit olarak tanımlanan (2-3m. genişlik, 50-75m. uzunluk) zonlar oluşmuştur (Şekil 3).



Şekil 4. Porfirik monzonit-kireçtaşı dokanak ilişkileri. a,b. Kireçtaşı dokanaklarında, tektonik etkilere maruz kalmış porfirik monzonit, c. Dokanakta yaklaşık dik tabaka eğimlerine sahip kireçtaşlarının genel görünümü, d. Porfirik monzonit-kireçtaşı dokanağını kesen sağ yanal doğrultu atımlı fay ve fay zonları boyunca kireçtaşlarında gelişen çözünme boşlukları (kçt: kireçtaşı; p.mnz: porfirik monzonit).

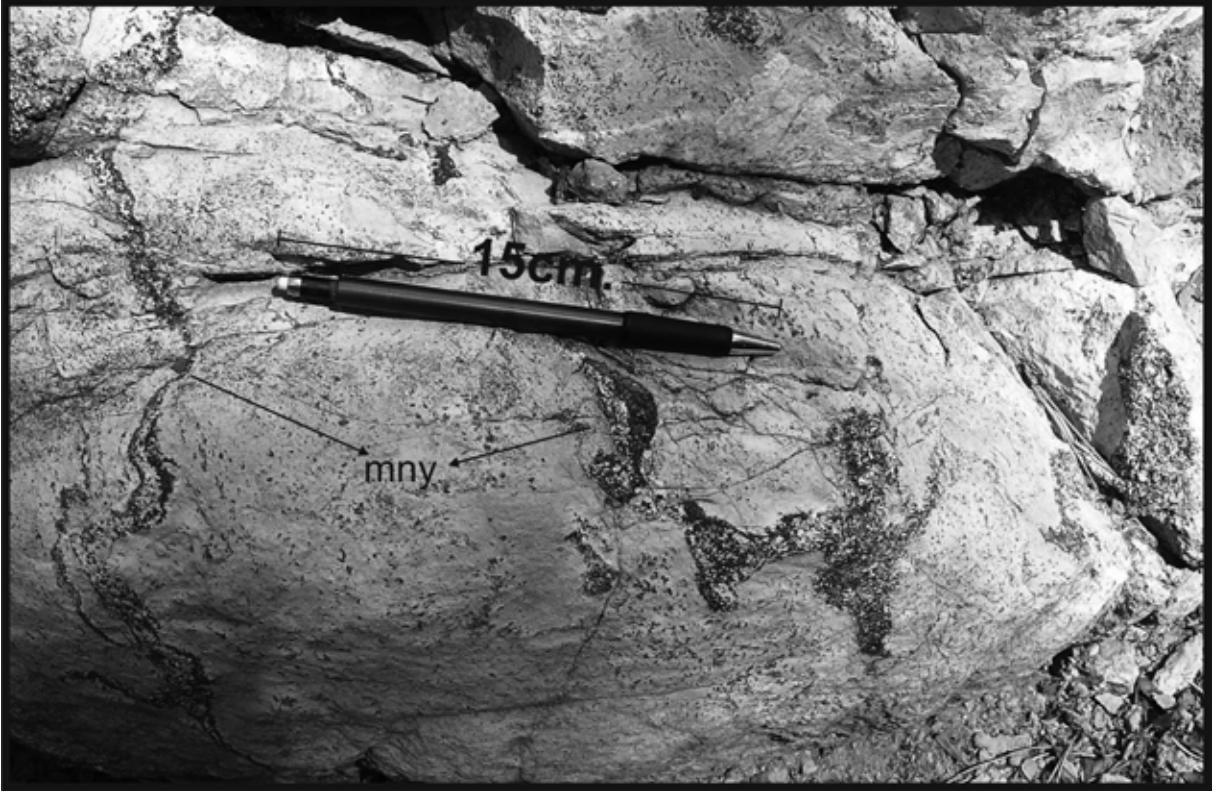
Figure 4. The contact relationships between the porphyry quartz monzonite and the limestone. a,b. Tectonically deformed porphyry monzonite at the contact with limestone, c. General view of steeply dipping limestones at the contact with porphyry monzonite, d. Right-lateral strike-slip fault cutting the contacts between limestone and porphyry monzonite and dissolving textures within limestones along fault zones (kçt: limestone; p.mnz: porphyry monzonite).

Yapılan arazi ve mineraloji-petrografi çalışmalarına göre çalışmanın ana konusunu oluşturan Pınarbaşı granitoidi başlıca granit, porfirik monzonit ve kuvars monzodiyoritlerden oluşmaktadır. Pınarbaşı granitoidi magmatik birimleri genel olarak başlıca kalk-alkalin ve I- tipi granit özelliği sergilemektedir (Semiz vd., 2010).

Tüm bu birimler ise başlıca andezitik, dasitik ve aplitik dayklar ile kuvars, kuvars±kalsit, florit, kuvars±pirit, kuvars±molibdenit, kalsit, pirit

ve manyetit damarları tarafından kesilmektedir. Bölgede gelişen tektonizmadan yoğun olarak etkilenen Pınarbaşı granitoidini başlıca D-B doğrultulu normal faylar ve K-G doğrultulu doğrultu atımlı ana fay sistemleri ve KD-GB ve KB-GD doğrultulu küçük ölçekli normal faylar kesmektedir. Fay zonları boyunca birimlerde yoğun silisleşme ve killeşme gözlenmektedir (Şekil 6.a,b,c,d)





Şekil 5. Ofiyolitik melanj içerisine porfirik monzonit sokulumu ile gelişen skarn zonu (mny: manyetit).

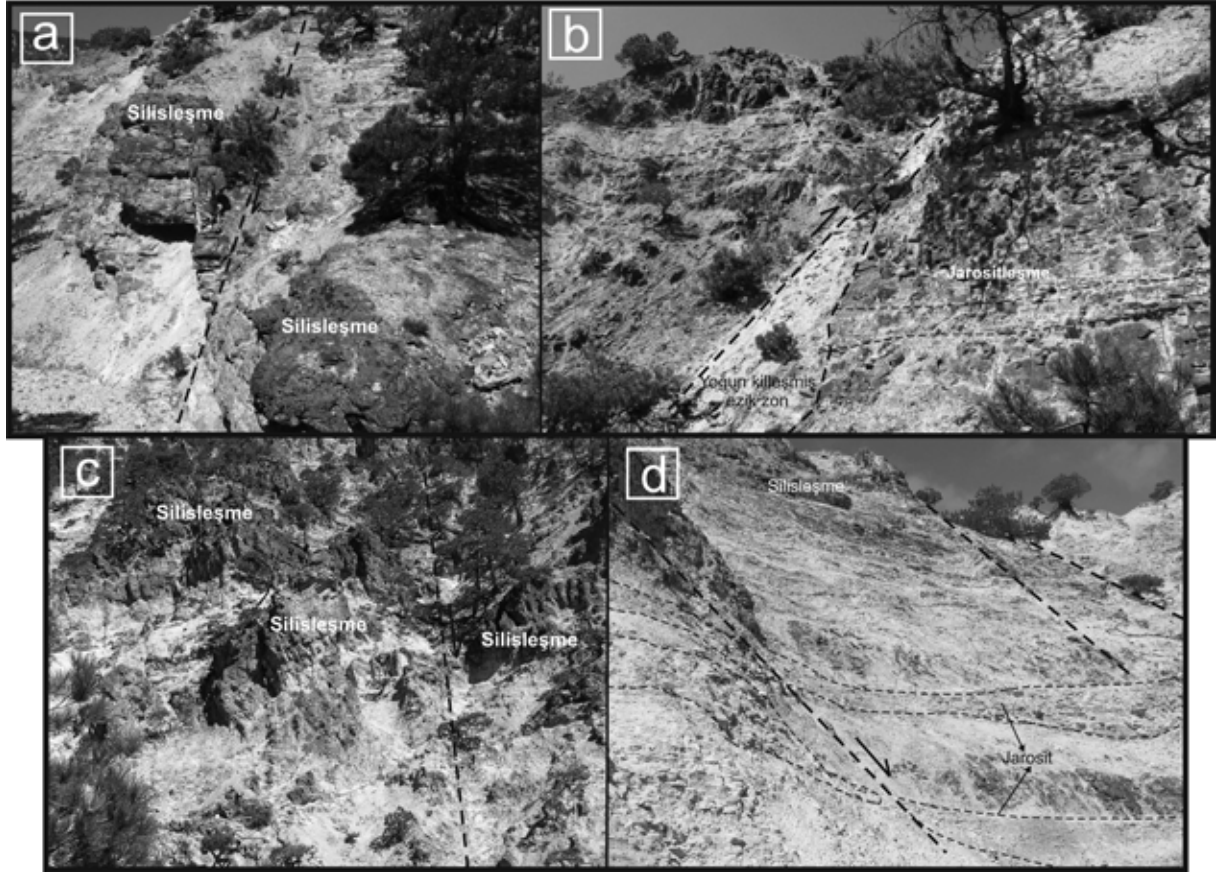
Figure 5. Skarn zone that was evolved by intrusion of porphyry monzonite within the ophiolitic melange (mny: magnetite).

Granitler, çalışma bölgesinde, alterasyondan etkilenmeyen zonlarda ince taneli ve gri renklerde, alterasyonun yoğun olarak geliştiği zonlarda ise genellikle krem-bej renklerde gözlenir. Birim, makro olarak genellikle eş taneli ve nadiren porfirik dokuludur. Fakat granitik kayalar etkileyen yoğun alterasyon nedeniyle birimin ilksel doku ve mineralojisi makro ölçekte değişiklikler göstermekte ve bu nedenle arazide kolaylıkla tanınamamaktadır. Granitler, başlıca serisitlenmiş, kaolinitlenmiş ortoklaz ve plajiyoklaz ile öz şekilsiz kuvars ve biyotitlerden oluşmaktadır. Amfiboller ise ileri derecede altere olduğu için genellikle kalıntı kristaller şeklinde kayada yer alır. İkincil kuvarslar, kalınlıkları mm'den cm'ye kadar değişen damarlar şeklinde kayacı kesmekte ve damarlar yer yer birbirine paralel, yer yer de ağsal kuvars damarları şeklinde gözlenmektedir.

Çalışma sahasının batısında mostra veren porfirik monzonitler ise makro ölçekte 1-2cm

boyunda, pembe renkli alkali feldispat kristalleri nedeniyle porfirik doku sunması ve ayrıca alterasyondan daha az oranda etkilenmiş olmasıyla granitik kayalardan ayrılır. Magmatik kayaları yoğun olarak etkileyen alterasyonlar nedeniyle monzonitik kayaların granitik kayalarla olan ilişkileri net olarak saptanamamaktadır. Fakat, özellikle dere yataklarında yapılan incelemelerde monzonitik kayaların granitik kayaları keskin dokanakla kestiği (Şekil 7.a) ve monzonitik birimlerin granitik birimler içerisine sokulum yaptığı kesimlerde, magmatik breşlerin geliştiği gözlenmektedir (Şekil 7.b).

Porfirik monzonitler başlıca ortoklaz, plajiyoklaz, biyotit, amfibol ve kuvarstan oluşmaktadır. Ayrıca, porfirik monzonitlerde tali olarak apatit, zirkon, rutil ve opak mineraller gözlenir. Feldispat mineralleri yer yer serisitlenmiş ve killeşmiş olarak, yarı-özşekilli biyotit ve özşekilli- yarı-özşekilli amfiboller ise yaygın olarak kloritlenmiş ve dilinimlerinden itibaren opasitlenmiştir.



Şekil 6. Pınarbaşı granitoidi magmatik birimlerini kesen kırık sistemleri ve kırık sistemleri boyunca gelişen alterasyon tiplerinin genel görünümü.

Figure 6. General view of fracture systems cutting the magmatic units of Pınarbaşı granitoid and alteration types developed along the fracture systems .

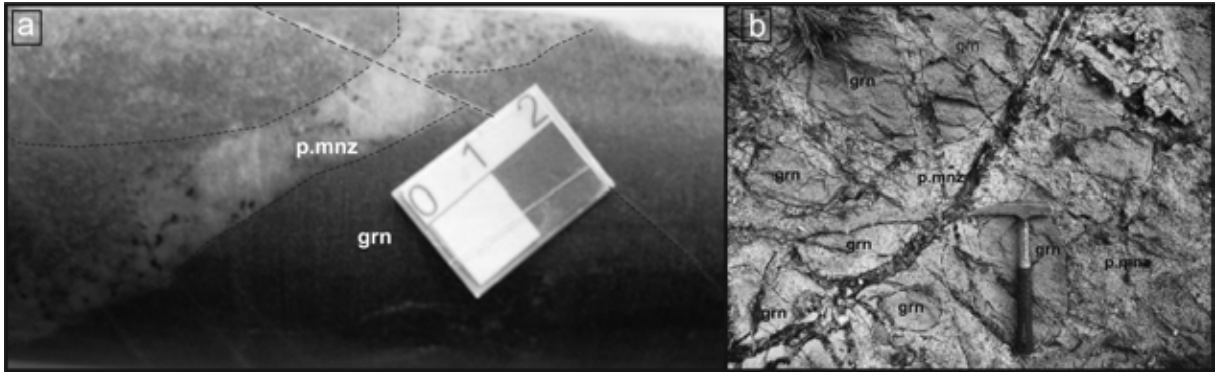
Porfirik monzonitlerde makro ölçekte gözlenen tektonik etkiler, mikro ölçekte de gözlenir. Minerallerde kırılmalar-ufalanmalar, mikro-faylar, biyotit ve feldispatlarda tek eksenli uzamalar mikro ölçekte saptanan önemli deformasyon yapılarıdır (Şekil 8.a,b,c,d).

Mineralojik ve dokusal özelliklerine göre monzodiyorit-diyorit olarak isimlendirilen anklavlar, ana kayaç olan porfirik monzonit ile keskin dokanağa sahiptir. Genellikle taneselli dokulu olarak gözlenen anklavlar, bazı örneklerde ise aykırı plajiyoklaz fenokristalleri nedeniyle porfirik dokuludur. Anklavlar, başlıca polisentetik ikizlenme gösteren plajiyoklaz, biyotit, amfibol ve kuvarslardan oluşmakta ve piroksen mineralleri yer yer ana bileşenlere eşlik etmektedir.

Pınarbaşı granitoidinin diğer bir üyesi olan kuvars- monzodiyoritler, bölgedeki diğer

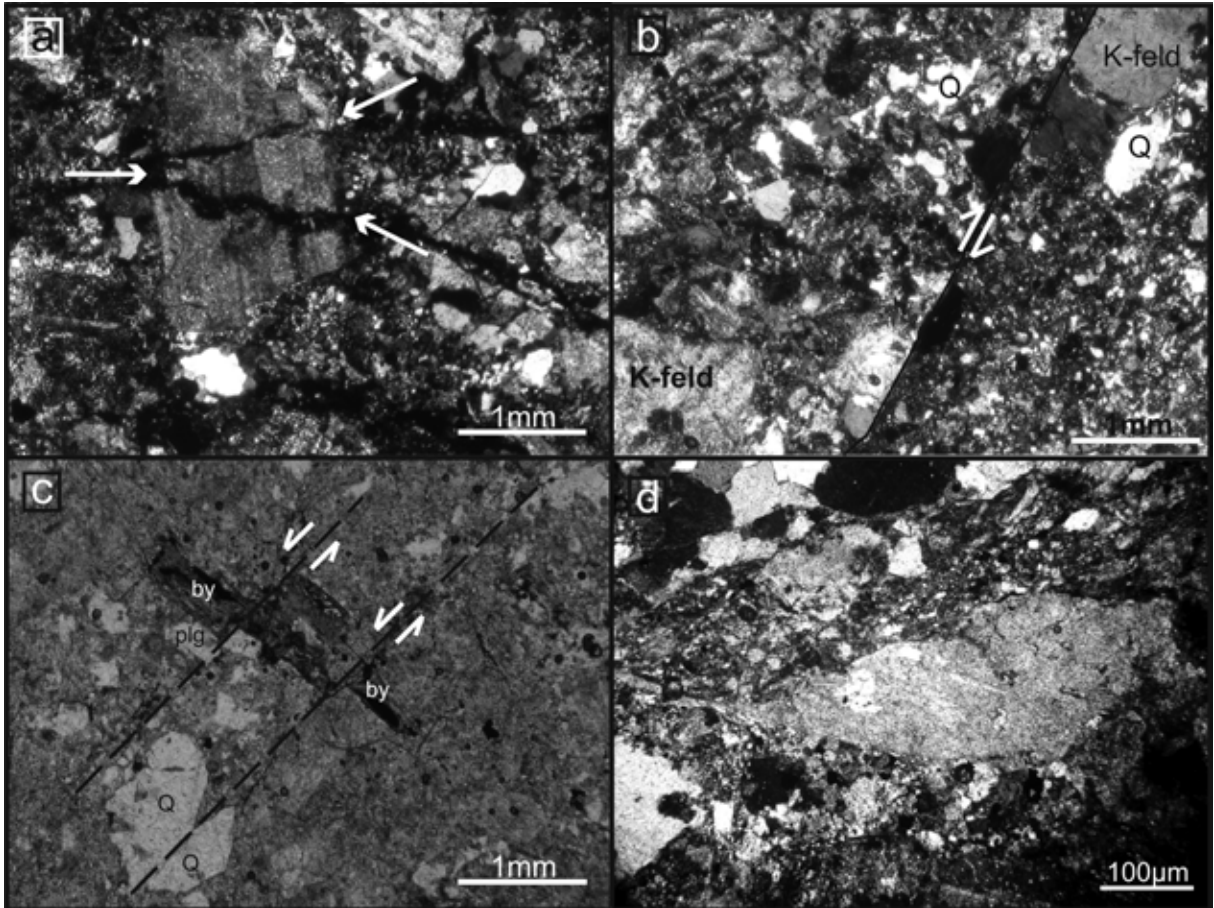
magmatik birimlerin aksine alterasyondan az oranda etkilenmiş olmaları, daha ince taneli olarak gözlenmeleri ve gri-koyu gri renkleri itibarıyla granitik ve monzonitik kayalardan kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Makro olarak ayırt edilebilen kuvars kristalleri nedeniyle birim kuvars-monzodiyorit olarak isimlendirilmiştir.

Kuvars-monzodiyoritler, monzonitik kayaları intrüzif dokanakra kesmektedir. Dokanağa yakın kesimlerde, porfirik monzonitler içerisinde kuvars- monzodiyoritlere ait anklavların oldukça yaygın olduğu görülür. Ayrıca; dokanaktan daha uzak kesimlerde kuvars-monzodiyorite ait daykların porfirik monzonitleri kestiği belirlenmiştir. Monzodiyoritik dayklar ile ana kayaç arasında oldukça ince taneli geçiş zonları gözlenir. Bazı kesimlerde, porfirik monzonitler içerisinde gözlenen monzodiyoritik anklavların, ana kayaç



Şekil 7. Granit ve porfirik monzonitin birbirleriyle olan kesme ilişkileri. a. Graniti kesen porfirik monzonit, b. Porfirik monzonit sokulumuna bağlı olarak gelişmiş magmatik breş (p.mnz: porfirik monzonit; grn: granit).

Figure 7. The crosscutting relationships between the granite and the porphyry monzonite. a. Granite is cut by porphyry monzonite, b. The magmatic breccia formed by the intrusion of the porphyry monzonite within the granite (p.mnz: porphyry monzonite; grn: granite).



Şekil 8. Porfirik monzonitlerde mikro ölçekte gözlenen tektonik deformasyonların ince kesit görüntüsü. a. Plajyoklazlarda üç yönlü kırık sistemi, b. Mikro fay, c. Biyotiti kesen birbirine paralel mikro faylar, c. Asimetrik, serisitlenmiş ortoklaz fenokristali (Q: kuvars; K-feld: K feldispat; by: biyotit).

Figure 8. Microphotographs of tectonic deformations observed within the porphyry monzonite at micro scale. a. Triple microcracks within plagioclase, b. Micro fault, c. Parallel micro faults cutting the biotite, d. Asymmetric, sericitized orthoclase phenocryst (Q: quartz; K-feld: K feldspar; by: biotite).

olan porfirik monzonitler ile birlikte paralel gelişmiş damar sistemleri ve faylar tarafından kesilmesi deformasyonun, monzodiyoritlerin yerleşiminden sonra da kısmi ölçüde devam ettiğini işaret etmektedir.

Kuvars-monzodiyoritlerin ana mineralleri plajiyoklaz, ortoklaz biyotit, amfibol ve kuvarstır. Tali olarak apatit ve zirkon ana minerallere eşlik etmektedir. Kayaç, genellikle tanesal doku göstermekte, fakat ortoklaz fenokristalleri nedeniyle yer yer porfirik doku sunmaktadır. Feldispatlarda serisitlenme, kaolinleşme ve yer yer epidotlaşma gözlenirken, biyotitler genellikle dilimlerden itibaren kloritlenmiştir.

Çalışma bölgesinde, tüm bu magmatik birimler ise porfirik dokulu, yoğun gaz boşluklu ve illeri derecede kloritlenmiş ve epidotlaşmış KB-GD ve K-G doğrultulu andezitik ve dasitik bileşimli dayklar tarafından kesilmektedir.

### Cevherleşme ve alterasyon

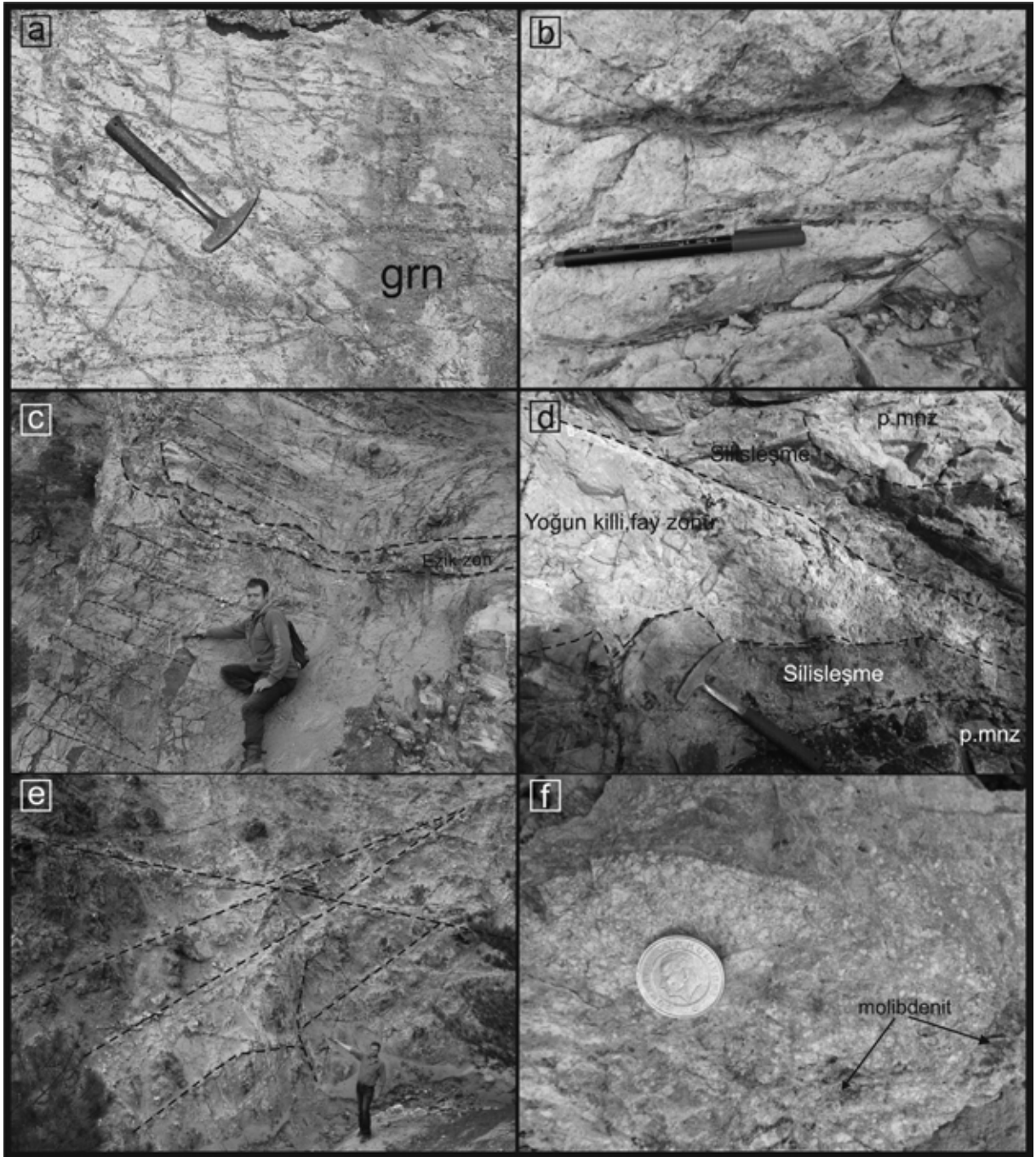
Orta-Batı Ege'de, Kütahya-Domaniç kuzeybatısında Cu-Mo (Cengiz ve Genç, 2003), Uşak-Banaz (Baklan) kuzeyinde ve Kütahya-Simav kuzeybatısında (Karakoca) Pb-Zn (Oygür ve Erler, 2000; Aydoğan, 2006), Simav batısında (Değirmenciler) ve Gediz kuzeydoğusunda (Cebrail) Sb (Soykal vd., 1980; Taşkın, 1978; Oygür ve Erler, 2000) cevherleşmeleri yaklaşık 150km×150km'lik bir alanda birbirinden bağımsız cevherleşmeler şeklinde bulunmaktadır. Oysaki Pınarbaşı granitoidinin yüzeylendiği oldukça sınırlı bir alanda (~5km<sup>2</sup>) Mo-Cu-Pb-Zn ve Sb±Ag±Au cevherleşmeleri birarada bulunmakta ve bu cevherleşmeler monzonitik ve granitik kayaçlar ile kireçtaşları ve jasperoid-listvenitlere bağlı olmak üzere üç ana tipte gözlenmektedir.

Çalışma bölgesinde, en yaygın cevherleşme Mo±Cu-Pb±Zn cevherleşmesi granit ve porfirik monzonitleri kesen kuvars damar sistemlerine bağlı olarak gelişmiştir. Granitleri ve porfirik monzonitleri kesen iki farklı evrede ve tipte gelişmiş kuvars damar sistemleri belirlenmiştir. (1) Ağsal kuvars damarları (Şekil 9.a) ve bu ağsal damar sistemlerini kesen (2) KB-GD ve KD-GB doğrultulu kuvars damar sistemleri (Şekil 9.b,c,d,e). Ayrıca, KB-GD ve KD-GB doğrultulu

kuvars damarlarına, D-B doğrultulu normal faylar ve K-G doğrultulu doğrultu atımlı faylar boyunca yan kayaçta kuvars mineralleri ile tipik silisleşmeler eşlik etmektedir (Şekil 6; Şekil 9.d,f).

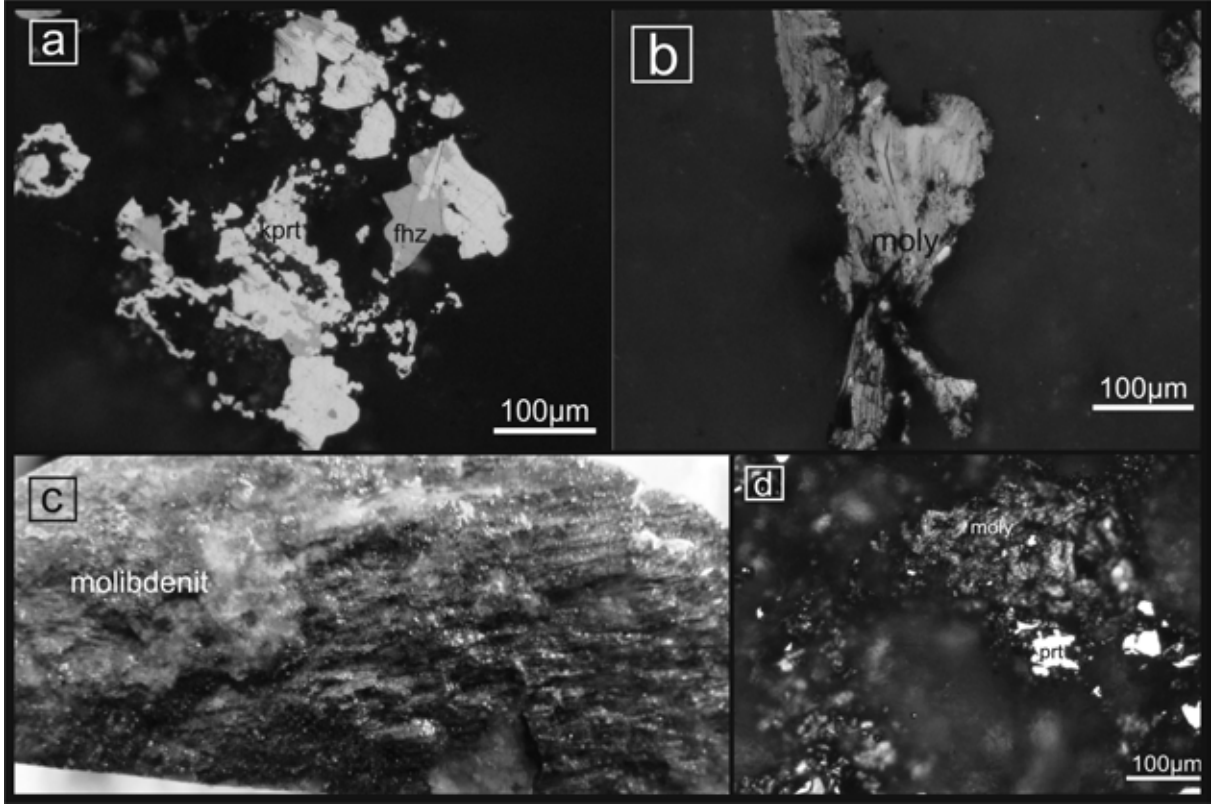
Genel olarak, damarlardan elde edilen en yüksek Mo, Cu, Pb ve Zn değerleri sırasıyla 2200ppm, 2420ppm, 10000ppm ve 4610ppm'dir. Ayrıca, Oygür vd., (2002), bölgede yaptığı cevherleşmeye yönelik çalışmalarda porfirik monzonitler ve granitlerden en yüksek 1600ppm Cu, 200ppm Pb, 630ppm Zn ve 60ppm Mo değerleri, ağsal damar sistemlerinden ise 1600ppm'e varan Mo değerleri elde etmiştir. Silisleşmenin yoğun olarak gözlemlendiği zonlarda ve kuvars damarlarında makro olarak saptanan ana cevher mineralleri genellikle molibdenit (Şekil 9.f), bazı silisleşmiş zonlarda ve ağsal damarlarda ise kalkopirit ve pirittir.

Damarlarda ve silisik zonlarda mikro ölçekte saptanan ana cevher mineralleri ise başlıca molibdenit, sfalerit, galenit, manyetit ve pirittir. Bu minerallere kalkopirit ve tali olarak emplektit, arsenopirit, kalkozin, kovelin ve fahlerz grubu mineraller eşlik eder. Malahit ve azurit mineralleri örneklerde saptanan ikincil cevher mineralleridir. Damarlar çevresinde rutil ve hematit oldukça yaygın olarak gözlenirken, damarlar dışında yan kayaç olan porfirik monzonitler içerisinde ise yer yer martitlenmiş manyetitler gözlenmektedir. Bazı örneklerde manyetitlerin tektonik deformasyona maruz kaldığı ve bu nedenle kırılıp parçalandığı saptanmıştır. Damarlarda, molibdenit ve galenitler saçınımlı olarak; kalkopirit, sfalerit ve fahlerz grubu mineraller ise yer yer birbirleriyle kenetli ve yer yer de birbirleri içerisinde kapanım olarak bulunmaktadır (Şekil 10.a,b). Piritler ise genellikle ince damarlar şeklinde mevcut kayacı ve dolayısıyla cevher minerallerinin kesmekte ve ayrıca minerallerin kırık-çatlaklarını doldurmaktadır. İnce damar sistemleri dışında, ağsal pirit damarlarına ise genellikle limonit grubu mineraller eşlik etmektedir. Ayrıca, porfirik monzonitler içerisinde yer yer damarlar boyunca molibdenitce zengin zonlar, güncel tektonizma ile hareketlenmiş ve yer yer fayların kayma yüzeylerini oluşturmuştur (Şekil 10.c). Dolayısıyla, bu zonlarda molibdenit mineralleri yoğun deformasyona maruz kalmıştır (Şekil 10.d).



Şekil 9. Damar sistemlerinin genel görünüşleri. a. Graniti kesen ağsallı kuvars ve hematit-limonit damar sistemi, b. Porfirik monzonitleri kesen paralel kuvars-molibdenit damar sistemleri, c. Porfirik monzoniti kesen kırık sistemi ve kuvars damarları, d. Kırık sistemleri boyunca yoğun killeşme ve silisleşme, e. Ağsallı damar sistemleri ve ağsallı damar sistemlerini kesen kırık sistemleri, f. porfirik monzonitlerde yoğun silisleşme ve molibdenit mineralleri. (grn: granit; p.mnz: porfirik monzonit).

Figure 9. The general views of vein systems. a. Stockwork-type quartz and hematite-limonite vein systems cutting the granite, b. Parallel quartz-molybdenite vein systems cutting the porphyry monzonite, c. Quartz veins and vein system cutting the porphyry monzonite, d. Intense argillic alteration and silicification along fracture systems within the porphyry monzonite, e. Vein-fracture systems cutting the stockwork systems, f. Intense silicification and molybdenite minerals within the porphyry monzonite (grn: granite; p.mnz: porphyry monzonite).



Şekil 10. a. Kuvars damarlarında kalkopirit ve fahlerz mineralleri, b. Kuvars damarlarında gözlenen molibdenitler, c. Fay sistemlerinin kayma yüzeyleri boyunca tektonik deformasyona uğramış molibdenit mineralleri, d. Mikro ölçekte tektonik deformasyona uğramış molibdenit minerali (kprt: kalkopirit; fhz: fahlerz; molb: molibdenit; prt: pirit).

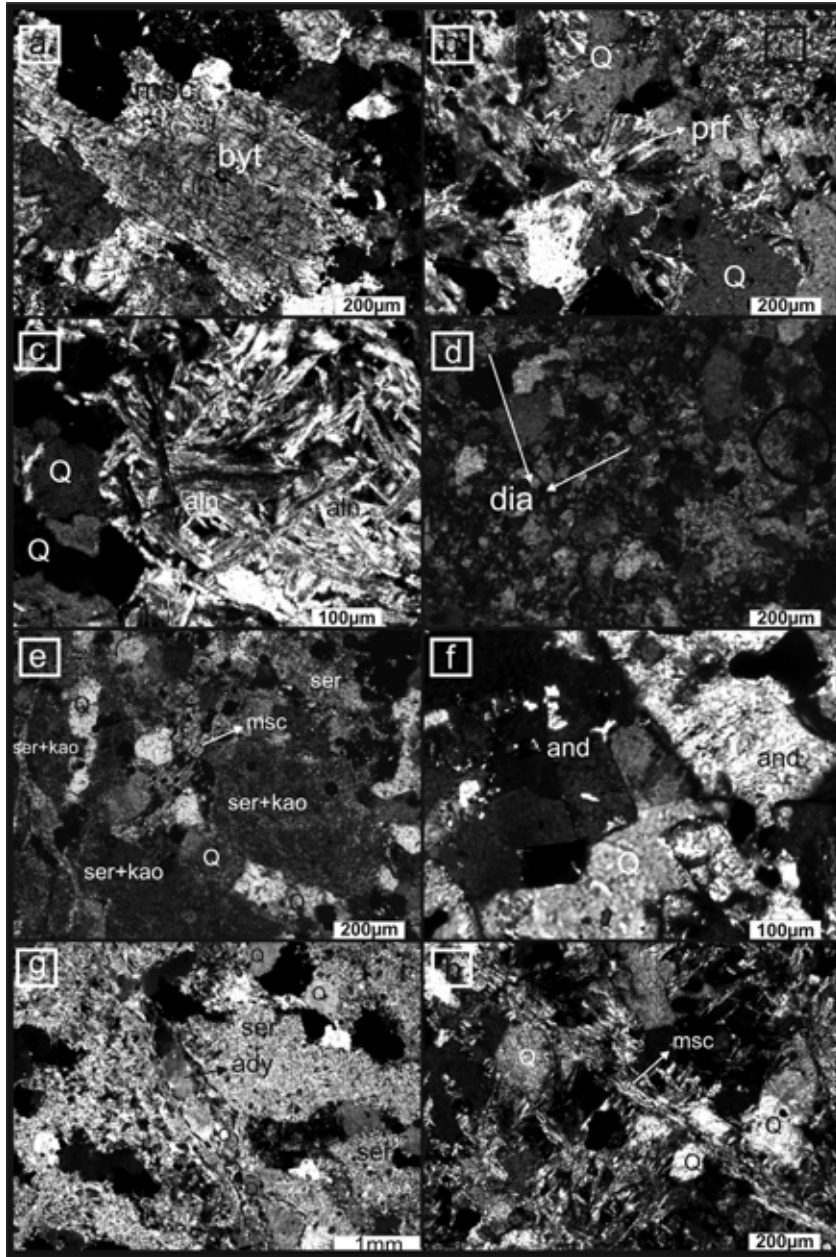
Figure 10. a Chalcopyrite and fahlerz group minerals within the quartz veins, b. Molybdenites observed within the quartz veins, c. Tectonically deformed molybdenite minerals along the fault surface f. Tectonically deformed molybdenite mineral at micro scale (kprt: chalcopyrite; fhz: fahlerz group; molb: molybdenite; prt: pyrite).

Çalışma bölgesinde ilk bakışta granitleri yoğun olarak etkileyen beyaz, açık krem renklerde killeşme ile karakterize alterasyon zonlarında yapılan detaylı arazi, petrografi ve XRD çalışmaları ile  $Mo\pm Cu-Pb\pm Zn$  cevherleşmesi ile ilişkili birbirini maskeleyen farklı tiplerde alterasyon dağılımları belirlenmiştir.

Porfirik monzonit ve granitlerde gözlenen basınç alterasyon, feldispatların serisitleşmesi ile öne çıkan serisitik alterasyondur. Bu alterasyon zonunda pirit ve ikincil kuvars mineralleri ile birlikte az oranda epidot gözlenmektedir. Porfirik monzonitlerde serisitik alterasyonun yoğunlaştığı kesimlerde serisitinin yanı sıra ikincil muskovit ile birlikte kılcal silis damarları yaygın olarak gözlenmekte ve ayrıca biyotitlerin

dilinimlerinden itibaren klorite ve bazı biyotitlerin ise kenarlarından itibaren muskovite dönüştüğü gözlenmektedir (Şekil 11. a). Bu kesimlerde gözlenen ana cevher mineralleri pirit, az oranlarda kalkopirit ve molibdenittir.

Özellikle granitlerde ve az oranda da porfirik monzonitlerde gelişmiş ağsal kuvars ve piritlerin oksidasyonu sonucu gelişen limonit damarları ve ayrıca bu birimlerin kırık hatları boyunca gözlenen yoğun killeşme nedeniyle granitlerin ilksel dokusu ve mineralojisi tamamen kaybolmuştur. Altere zonlarda saptanan ana kil mineralleri başlıca illit ve kaolinit ve ayrıca az oranda simektit grubudur. Killeşmeye yine zayıf zonlar boyunca 0,5-1m kalınlığında jarosit ve az oranda gips açısından zengin seviyeler eşlik etmekte



Şekil 11. Pınarbaşı granitoidi magmatik birimlerinde saptanan alterasyon minerallerinin ince kesit görüntüleri. a. Kenarlarından itibaren muskovite dönüşen biyotit, b. Fibroradiyal dokulu profililit minerali, c. Kuvars damarları çevresinde alunite mineralleri, d. Damar sistemleri çevresinde alterasyon kuşaklarında diaspor mineralleri, e. Serisitlenmiş ve killeşmiş feldispat minerallerini kesen kılcal kuvars damarları, f. Mo içeren kuvars damarları ile ilişkili alterasyon zonlarında gözlenen andaluzit mineralleri, g. Serisitik alterasyon zonunu kesen kuvars+adularya damarı, h. Serisitlenmiş porfirik monzonitleri kesen muskovit damarı (byt: biyotit; msc: muskovit; prf: pirofillit; aln: alunite; Q: kuvars; dia: diaspor; ser: serisit; kao: kaolinit; and: andaluzit; ady: adularya).

Figure 11. Microphotographs of alteration minerals observed within the magmatic units of Pınarbaşı granitoid. a. Biotite is replaced by muscovite along grain boundaries, b. Fibroradial texture of pyrophyllite, c. Alunite minerals around quartz veins, d. Diaspor minerals within alteration envelopes around the vein systems, e. Quartz veinlets cutting the sericitized and argilitized feldspars, e. Andalusite minerals within alteration zones associated with Mo bearing quartz veins, f. Quartz-adularya vein cutting the sericitic alteration zone, g. Sericitized porphyry monzonite is cut by muscovite vein (byt: biotite; msc: muscovite; prf: pyrophyllite; aln: alunite; Q: quartz; dia: diaspor; ser: sericite; kao: kaolinite; and: andalusite; ady: adularia).

ve killeşme ile birlikte jarosit alterasyonunun geliştiği bu kesimlerde yan kayaçlar içerisinde ise pirit yaygın olarak gözlenmektedir. Ayrıca, bu zonlarda güncel nabit kükürt oluşumları dikkat çekicidir. Killeşmenin ve jarosit alterasyonunun etkisi özellikle fay-kırık hatları boyunca artmaktadır.

Ağsal kuvars ve limonit damarları ile ilişkili bu alterasyonlar dışında, 2. evre kuvars damarlarını temsil eden KB-GD ve KD-GB doğrultulu kuvars damarları ve D-B ve K-G doğrultulu kırık sistemleri boyunca gelişmiş silisleşmiş zonlar ile ilişkili yer yer metre boyutuna ulaşan alterasyon kuşakları saptanmıştır. Bu alterasyon kuşakları, kayacın geneline hakim serisitik alterasyon zonunu maskeleymektedir. Maskelenen bu kesimlerde saptanan ana alterasyon mineralleri başlıca kaolinit ve profillittir. Ayrıca, profillit ve kaolinitlere andaluzit, diaspor, muskovit, alunit ve apatit eşlik eder (Şekil 11.b.c.d.e.f). Bu kesimlerde ana kuvars damarları ile birlikte birbirini kesen mikro- kılcal kuvars damarları da oldukça yaygındır. Bu nedenle, damarlar çevresinde gözlenen alterasyon kuşakları oldukça geniş bir yayılım göstermektedir. Bazı örneklerde ise alterasyonlara kılcal muskovit ve florit damarları eşlik etmektedir (Şekil 11.g). Genellikle altere zonlara yayılmış yamalar şeklinde ve kuvars damarları çevresinde gözlenen profillit mineralinin baskın olduğu bu alterasyon zonunda gözlenen ana opak mineraller başlıca pirit, kovellin, molibdenit ve galenittir. Tüm bu alterasyon fazları ise petrografik yöntemler ile tanımlanan adularya ve kuvars-adularya damarları tarafından kesilmektedir (Şekil 11.h).

Bölgede gözlenen bu alterasyonlardan farklı olarak, oldukça sınırlı bir alanda kuvars-monzodiyoritler içerisinde, porfirik monzonitlerin kuvars- monzodiyoritler ile olan dokanaklarına yakın kesimlerinde ve ayrıca porfirik monzonitleri kesen diyoritik dayklarda yoğun biyotit mineralleri ile birlikte kılcal manyetit (mm), biyotit (en kalın 0,2cm.) ve feldispat (en kalın 0,5cm.) damarları saptanmıştır. Yapılan mikroskopik incelemelerde kılcal biyotit damarlarında; biyotitlere kuvars eşlik etmekte, yan kayaçta ise biyotitler ve saçınımlı manyetitler yaygın olarak bulunmaktadır. Porfirik monzonitlerde ise kılcal biyotit ve manyetit damarlarının serisitleşmiş

ortoklaz fenokristallerini kesmektedir. Bu gözlemler ile birlikte, biyotit ve manyetit damarlarının yaygın olarak gözlendiği kesimlerde kuvars-monzodiyorit ve porfirik monzonitlerde amfibollerin yer yer biyotite dönüştüğü ve ayrıca manyetit damarları çevresinde ortoklazlardan oluşan alterasyon kuşaklarının geliştiği saptanmıştır. Manyetit, biyotit ve ortoklaz damarları ile birlikte damarların yaygın olduğu kesimlerde amfibollerde gözlenen biyotite dönüşümler ve manyetit damarları çevresinde ortoklazlardan oluşan alterasyon kuşakları ile birlikte ana kayaçlarda gözlenen yoğun biyotit mineralleri zayıf bir potasik alterasyonun geliştiğini işaret etmektedir. Ayrıca biyotit ve manyetit damarlarının serisitleşmiş porfirik monzonitleri kesmesi potasik alterasyonun bölgede en genç fazı yansıtan kuvars- monzodiyoritlerin sokulumuyla ilişkili olduğunu göstermektedir.

Bölgede, Pınarbaşı granitoidi içerisinde MTA tarafından yapılan sondajlar ile (11GP-1, 11GP-2 ve 11GP-3) cevherleşmelerin ve alterasyonların derine doğrudan devamlılığı izlenmiştir (Şekil. 12). Sondajlardan elde edilen veriler doğrultusunda, derine doğru cevherleşme ve magmatik fazları tanımlamak üzere A,B ve C zonu olmak üzere üç ana zon belirlenmiştir. A zonu, yoğun killeşmiş (kaolinit grubu) granitlerden oluşmakta ve bu zon ağsal damar sistemleri ile temsil edilmektedir. A zonunda elde edilen en yüksek Cu ve Mo değerleri sırasıyla 374 ve 106 ppm'dir. B zonu, porfirik monzonitlerin granitler içerisine sokulum yaptığı kesimleri yansıtmaktadır. Ağsal kuvars damar sistemlerinin ve cevherleşmenin yoğunlaştığı bu zonda damar sistemlerine başlıca killeşme ve serisitleşme eşlik eder. Yüzeiden elde edilen verilere uygun şekilde, sondaj karot örneklerinde de ağsal damar sistemlerinin birbirine paralel gelişmiş kuvars damarları tarafından kesildiği gözlenmektedir. Cevherleşmenin en yoğun olarak gözlendiği zon B zonudur (Cu 34800ppm; Mo 550ppm). Genellikle, serisitleşmenin hakim olduğu C zonu, porfirik monzonitlerden oluşmaktadır. Bu zonda, ağsal damar sistemlerinin yerine birbirine paralel kuvars damar sistemleri gelişmiş ve damar sistemleri çevresinde yüzeyde yapılan gözlemlere uygun şekilde başlıca profillit, andalusit, alunit, diaspor ve kil mineralleri ile karakteristik alterasyon



kuşakları izlenmiştir. C zonunda cevherleşme, genellikle birbirine paralel gelişmiş kuvars damarı ve ayrıca kırık hatları çevresinde gözlenen silisleşmeler ile sınırlanmıştır. C zonunda, damarlardan elde edilen en yüksek Cu ve Mo değerleri sırasıyla 2420 ve 142ppm'dir.

Tüm bu magmatik birimler, alterasyonlar ve cevherleşmeler ise yoğun epidotlaşmış, kloritleşmiş andezit ve monzodiyorit daykları tarafından kesilmektedir (Şekil.12).

Bölgede, magmatik kayalar ile ilişkili  $Mo_{\pm}Cu_{\pm}Pb_{\pm}Zn$  cevherleşmeleri dışında diğer bir cevherleşme ise kireçtaşları ile ilişkili Pb-Zn cevherleşmesidir. Pb-Zn cevherleşmesi, kireçtaşları içerisindeki kırık sistemlerine bağlı yoğun silisleşmiş zonlarda gelişmiştir. Kireçtaşlarını kesen kırık sistemleri genellikle K-G ve KB-GD doğrultulu kırık sistemleri olup, doğrultuları granitik kayalarda saptanan kırık sistemlerinin doğrultuları ile uyumluluk göstermektedir. Cevherli kesimlerden elde edilen Pb, Zn ve Sb değerleri sırasıyla %66,97, 3500ppm, 300ppm'dir (Oygür vd., 2002). Bu cevherleşmenin ana minerali galenittir. Galenitlere az oranda sfalerit ve kovelin eşlik etmekte ve galenitlerin kırık ve çatlaklar boyunca serusite ve anglezite dönüştüğü görülmektedir. Tüm cevher minerallerine kuvars ve yer yer kalsit mineralleri eşlik etmektedir. Ayrıca, KB-GD doğrultulu zayıf zonlar ile ilişkili silisleşmiş kesimlerde galenit minerallerine molibdenit ve kalkopirit mineralleri de eşlik eder.

Bölgede, makro olarak saptanmayan fakat jeokimyasal olarak ortaya konulan cevherleşme, ofiyolitik birimler içerisindeki kireçtaşı bloklarının ve serpantinlerin ileri derecede silisleşmesi ile gelişen jasperoidlere ve listvenitlere bağlı  $Sb_{\pm}Ag_{\pm}Au$  cevherleşmesidir. KB doğrultulu birbirine paralel hatlar boyunca gözlenen jasperoidlerin kenar kesimleri breşik olarak gözlenmektedir. Kenar kesimlerde gözlenen breşler genellikle silis parçalı, hematit ve silis matriksli breşlerdir. Jasperoidlerin, iç kesimlerde ise kireçtaşları içerisindeki karbonat minerallerinin silis (özellikle kuvars) tarafından ornatıldığını işaret eden epitermal sistemlerde gelişen ornatma dokuları (*Primary Bladed Calcite, Lattice Bladed Quartz*) (Dong vd., 1995) yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 13.a,b,c,d). Jasperoidlerden ve listvenitlerden elde edilen en yüksek Sb, Ag ve

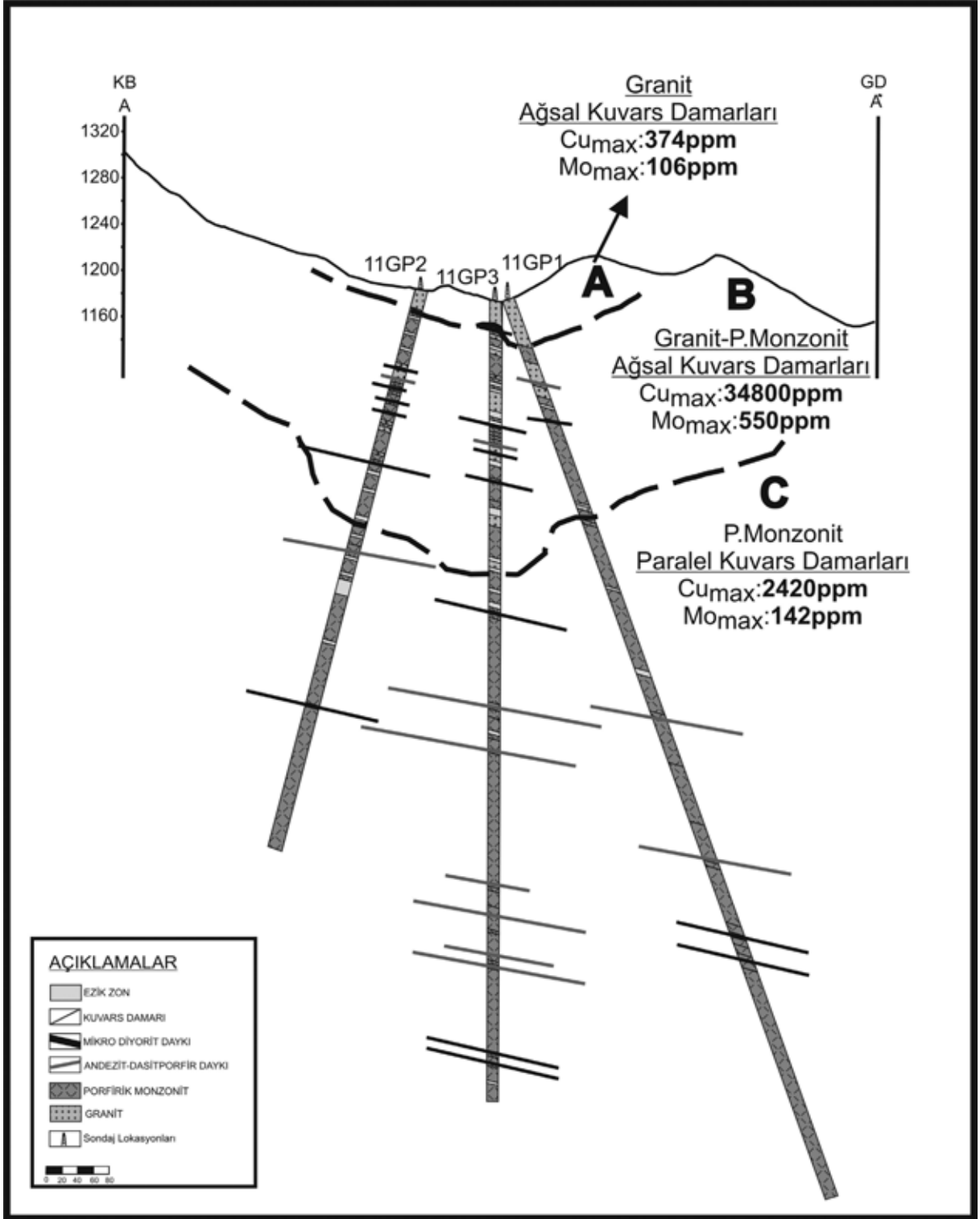
Au değerleri sırasıyla 1210ppm, 11,70ppm ve 1320ppb'dir. Ayrıca jasperoidlerden 6200ppm'e varan As, 6650ppm'e varan Pb, 3000ppm'e varan Zn ve 50 ppm'e varan Mo değerleri elde edilmiştir. Fakat, jasperoid kütlelerinde cevherleşmelerin dağılımı homojen değildir.

## TARTIŞMA

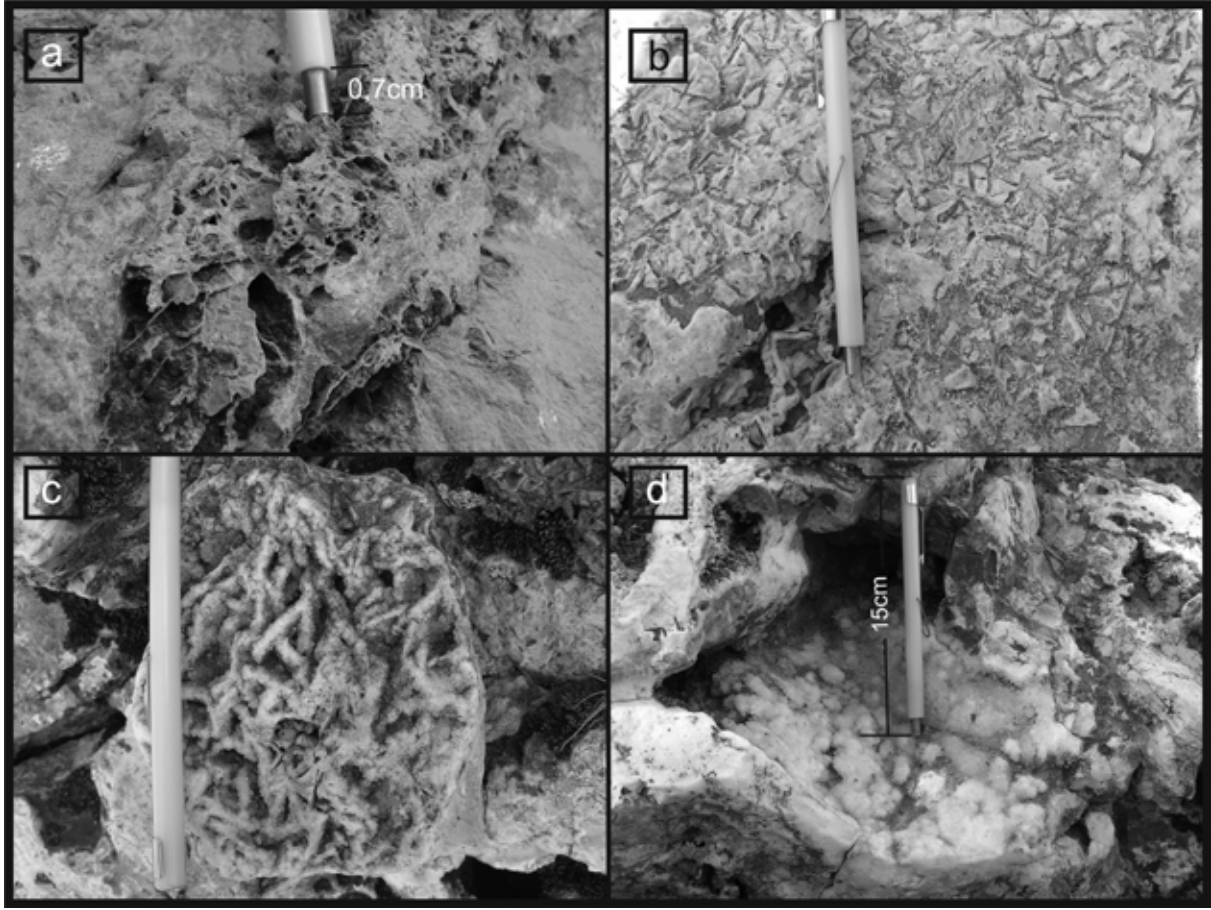
Granitik kayalara bağlı Cu-Mo-Pb-Zn, kireçtaşlarına bağlı Pb-Zn ve jasperoidlere bağlı  $Sb_{\pm}Ag_{\pm}Au$  cevherleşmeleri içeren çalışma bölgesi, farklı tipte yan kayalarla ilişkili farklı tipte cevherleşmeler içermesi nedeniyle oldukça dikkat çekicidir. Çalışma bölgesinde saptanan bu cevherleşmelerin birbirleriyle olan genetik ilişkilerinin açıklanması Orta-Batı Ege bölgesinde farklı tip yan kayalara bağlı gelişen bu tip cevherleşmelerin aydınlatılmasına da ışık tutacağı düşünülmektedir.

Bu amaçla, çalışma bölgesinin jeolojik evrimi ve bu evrim sürecindeki cevherleşmelerin oluşum mekanizması Şekil 14'te idealize edilmiş şematik kesit üzerinde gösterilmiştir.

Pınarbaşı granitoidi, çok fazlı getirimler ile sedimanter ve ofiyolitik birimlerden oluşan istif içerisinde yerleşmiştir (Şekil 14.a). Granitoidin bölgeye yerleşim yaşının, Orta-Batı Anadolu bölgesinde yüzeylenen ve Pınarbaşı granitoidi ile jeokimyasal olarak kökensel ilişkisi olan Eğriğöz, Koyunoba, Alaçam ve Baklan granitoidlerine benzer şekilde Erken Miyosen olduğu düşünülmektedir. Pınarbaşı granitoidinin birbirini kesen farklı bileşimde ve mineralojide magmatik kayalardan oluşması, granitoid kütlelerinin bölgeye çok fazlı getirimlerle yerleştiğini işaret etmektedir. Bu durumda, ilk faz olan granit, Erken Miyosen'de bölgenin temel birimlerini oluşturan metamorfik birimler ile kumtaşı-kiltaşı ardalanmasından oluşan Kırıkbudak formasyonu içerisine sokulum yaptığı ve bu birimler içerisinde dar bir zonda skarn zonunun gelişmesine neden olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde, Orta-Batı Ege bölgesinde, metamorfik temel ve bu temel üzerine gelen sedimanter birimler içerisine magmatik sokulumlar sonucu gelişen skarn zonları ve Fe-skarn cevherleşmeleri bilinmektedir. Fakat, çalışma bölgesinde granit fazının bölgede yüzeylenen Budağan kireçtaşları



Şekil 12. Çalışma bölgesinde 3 adet sondaja ait basitleştirilmiş sondaj logu.  
Figure 12. Simplified geological log of 3 drill holes within the study area.



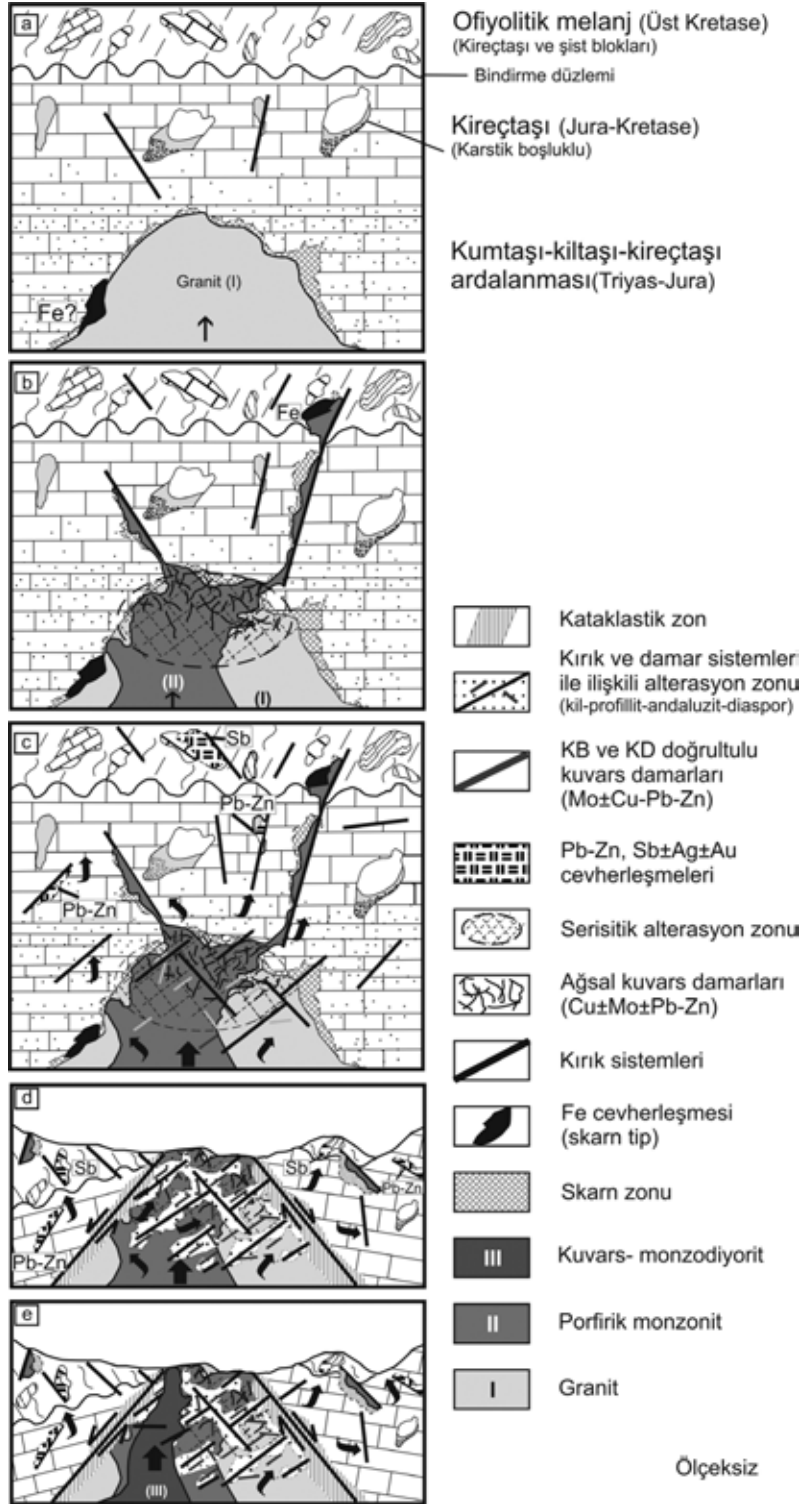
Şekil 13. Çalışma bölgesinde ofiyolitik melanj içerisinde kireçtaşı bloklarında epitermal dokular, a. Birincil ornatma dokusu (Primary Bladed Calcite), b. Çentikli kuvars dokusu (Ghost Bladed Quartz), c. Yapraklı kuvars dokusu (Lattice Bladed Quartz), d. Ornatma boşluklarında büyümüş ikincil kuvars kristalleri.  
 Figure 13. Epithermal textures within the limestone blocks of ophiolitic melange in the region. a. Primary bladed calcite texture, b. Ghost bladed quartz texture, c. Lattice bladed quartz texture, d. Quartz crystals growth within the vug of replacements.

ve Dağardı melanjı içerisine sokulum yapmadığı, granit ile bu birimler arasındaki ana dokanakların faylı olmasından ve ayrıca dokanaklarda skarn zonlarının gözlenmemesinden anlaşılmaktadır (Şekil 14.b).

Pınarbaşı granitoidinin ikinci fazı olan porfirik monzonitler, büyük ölçüde kristallenmesini tamamlamış granit içerisinde sokulum yapmıştır. Monzonitik magma sokulumu sırasında granitik magmanın kristallenmesini büyük ölçüde tamamladığı porfirik monzonit ile granit arasında gözlenen keskin dokanaklardan anlaşılmaktadır. Bölgede, monzonitik magma sokulumları sadece granitler içerisinde sınırlı kalmamış, monzonitik magma kırık-çatlaklar boyunca yükselerek

kireçtaşları ve ofiyolitik melanjı içerisine yerleşmiş ve yan kayaçlar içerisinde küçük ölçekli skarn zonlarının gelişmesine yol açmıştır. Ayrıca monzonitik magma sokulumundan kaynaklanan çözeltilerin etkisiyle kireçtaşları ve ofiyolitik melaj birimleri içerisinde kırık hatları boyunca yer yer silisleşmelere de neden olmuştur (Şekil 14.c).

Monzonitik magma intrüzyonunun, ağsal kuvars damalarına bağlı Cu±Mo-Pb-Zn cevherleşmelerinin gelişiminde oldukça önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Bölgede gözlenen ve başlıca kalkopirit, pirit ve molibdenit içeren ağsal kuvars ve pirit damarları, monzonitik magma sokulumlarına bağlı olarak granitler içerisinde



Şekil 14. Çalışma bölgesinin jeolojik evrimi ve cevherleşmelerin oluşum mekanizmasının idealize edilmiş şematik kesiti.

Figure 14. Idealized schematic section of geological evolution of study area and evolution mechanism of mineralizations.

ve intrüzyonun üst kesimlerinde gelişmiştir. Cu-Pb-Zn ve Mo içeren ağsal kuvars damarların genellikle monzonitik intrüzyonun, hemen üst kesiminde yer alması ile birlikte ayrıca bu kesimlerde gözlenen magmatik breşler monzonitik magmanın cevher ve uçucu bileşenler açısından doygun olduğunun önemli bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Ağsal damar sistemleri ile ilişkili porfirik monzonit ve granitlerde feldispatlarda serisitleşmeler, kayaç içerisinde yaygın gözlenen ikincil muskovitler ve biyotitlerin muskovite dönüşümü ve ayrıca yaygın kil grubu mineraller ile birlikte yaygın pirit oluşumları serisitik ve arjilik alterasyonun bu evrede gelişen hakim alterasyon türü olduğunu göstermektedir (Şekil 11.a; Şekil 14. b. c). Ayrıca, damarlar çevresinde gözlenen yaygın rutil ve hematitler ise ferromagnezyen minerallerin muskovite dönüşümleri sırasında, bu minerallerin hematit ve Ti-oksitlere dönüşümü ile açıklanabilir (Khashgerel vd., 2006).

Çok fazlı magmatik intrüzyonlar ve bölgesel ölçekli tektonizmaya bağlı olarak gelişen yükselmeler ile Erken-Orta Miyosen yaş aralığında normal faylarla Pınarbaşı granitoidi granit ve porfirik monzonitlerinin yüzeylendiği düşünülmektedir. Bu yaş, bölgede Eğrigöz graniti ve Menderes Masifinin kuzey kenarının yüzeylenme yaşı ile uyumlu görünmektedir (Eğrigöz graniti yüzeylenme yaşı: 20-15 my., Işık vd., 2004) (Şekil 14. d). Çalışma bölgesinde, granitik ve porfirik monzonitlerin kumtaşı-kiltaşı birimleri ile olan dokanaklarında her iki birimde de şiddetli tektonik etkilerinin gözlenmesi ve Pınarbaşı granitoidinin kireçtaşları ile tektonik dokanaklı olması granitoidin yükselmesi ilişkili olarak yorumlanabilir. Ayrıca kireçtaşlarının, magmatik kayaçlar ile olan dokanaklarına yakın kesimlerde dike yakın (65-80°) tabaka eğimlerine sahip olması ve dokanaktan uzaklaştıkça tabaka eğimlerinin 30-50° arasında değişmesi de bu görüşü destekler niteliktedir.

Oligosen'de başlayan gerilmeli tektonik rejimin ikinci fazı graben sistemlerinin gelişimi ile tanımlanmaktadır (Pourteau vd., 2010). Bu evrede yüksek açılı normal fayların oluşumuna bağlı olarak graben sistemi gelişmiştir. Graben sistemlerinin gelişimi ile birlikte ana faya paralel ve dik fayların da geliştiği bilinmektedir. Benzer

şekilde, Pınarbaşı bölgesinde; tüm magmatik birimleri, kireçtaşlarını ve ofiyolitik melanji kesen KB-GD, KD-GB ve D-B doğrultulu normal fayların ve K-G doğrultulu doğrultu atımlı fayların Pınarbaşı granitoidinin yüzeylenmesini takip eden genişlemeli tektonik rejimin ikinci fazında geliştiği düşünülmektedir. Ayrıca çalışma bölgesinde, normal fay sistemlerinin tüm birimleri kesmesi bu fay sistemlerinin Pınarbaşı granitoidinin yüzeylenmesini takip eden evrede geliştiğinin en önemli göstergesidir.

Bölgede gelişmiş bu fay sistemlerinin; KB-GD ve KD-GB doğrultulu, başlıca molibdenit, galenit, sfalerit ve fahlerz grubu mineraller içeren kuvars damarlarının ve D-B doğrultulu normal ve K-G doğrultulu doğrultu atımlı faylarla ilişkili cevher içeren silisleşmiş zonların gelişimi açısından da oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, birbirine paralel fay ve damar sistemlerinin porfirik monzonitler ve granitler içerisinde porfirik monzonit sokulumlarına bağlı erken evrede gelişmiş ağsal kuvars ve pirit damar sistemlerini kesmesi de bu damar ve fay sistemlerinin daha geç evrede geliştiğinin göstergesidir. Bu nedenle, KB-GD, KD-GB ve D-B doğrultulu normal faylar ve bu faylarla ilişkili damar sistemleri ve silisleşmelerin, monzonitik magma sokulumları ile gelişiminden daha nispeten daha genç metal içeren çözeltiler ile ilişkili olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca, bölgesel ölçekte bakıldığında KB-GD doğrultulu fay sistemlerine bağlı Sb-As (İlçalar, Lawrence ve Erler, 1992), KD-GB ve KB-GD doğrultulu faylara bağlı jasperodiler ile ilişkili Sb-Ag (Cebrail, Lawrence ve Erler, 1992), KB-GD ve K-G doğrultulu kuvars damarlarına bağlı Au cevherleşmeleri (Sındırgı, Şener vd., 2006), Pınarbaşı granitoidinde gelişmiş KB-GD ve KD-GB doğrultulu genç kırık sistemleri ve bu sistemlere bağlı kuvars damarları ile uyumluluk göstermektedir.

Bu evrede, cevher içeren damar sistemleri ile ilintili olarak başlıca illit, kaolinit ve simektit grubu kil mineralleriyle tanımlanan killeşmenin yoğunluğu daha da artmış, ağsal damarlarda gözlenen piritlerin oksidasyonu ile ağsal limonit-hematit damarları ile birlikte bu zayıf zonlarda çözelti aktivitesi ve yüzey sularının da etkisiyle, piritce zengin zonlardan itibaren jarosit alterasyonu gelişmiştir. Ayrıca, damarlar çevresinde

başlıca profillit, andaluzit, muskovit, alunite ve az oranda diasporadan oluşan alterasyon zarfları daha önce porfirik monzonit sokulumları ile gelişmiş serisitik alterasyon zonlarını maskeleymiştir.

Alterasyon zonlarında gözlenen profillit, andaluzit, muskovit ve kuvars birlikteliklerinin duraylılık sıcaklığının 200-375°C aralığında olduğu ve mineral birlikteliklerinin genellikle porfiri ve epitermal sistemlerde gözlenen ileri arjilik alterasyon zonlarının yüksek sıcaklık kesimlerini yansıttığı bilinmektedir (Thompson ve Thompson, 1996; Hemley vd., 1980; Watanabe ve Hedenquist, 2001). Ayrıca, bu tip alterasyon zonları, F elementi açısından zengin ve düşük pH'lı çözeltilerin etkisiyle gelişmektedir (Sillitoe, 2010). Bu durumda bölgede, monzonitik magmanın sokulumunu ve sokulumuna bağlı Cu-Pb-Zn ve Mo cevherleşmelerinin gelişimini izleyen evrede, yaklaşık 200-375 °C aralığında sıcaklığa sahip, F'ca zengin, düşük pH'a sahip çözeltilerin etkisi ile KB-GD, KD-GB doğrultulu kuvars damar sistemleri ile fay sistemleri ile ilişkili silisleşmeler ve ayrıca florit damar/damarcıkları, kuvars damar sistemleri ve bu damar sistemleri ile ilişkili Mo±Cu-Pb-Zn cevherleşmesi gelişmiştir. Ayrıca, daha önce ağsal damar sistemlerinde mevcut Mo elementinin, genç getirimlerle tekrar hareketlenerek damarlarda daha da zenginleştiği düşünülmektedir. Bölgede çözeltilerinin devam ettiği, kireçtaşları içerisinde fay zonlarında gözlenen çözünme boşluklarından ve granitik ve monzonitik birimleri ve birimlerde daha önce gelişmiş alterasyon zonlarını kesen adularya ve adularya-kuvars damarlarından anlaşılmaktadır. Bölgede, bilinen güncel sıcak su çıkışları da bu görüşü desteklemektedir.

Kireçtaşları içerisinde fay zonlarında Pb-Zn zenginleşmeleri ile ofiyolit melanaj içerisindeki Sb±Ag cevherleşmeleri içeren jasperoidlerin gelişimi açısından da genç fay sistemleri ve bu sistemleri kullanarak gelen cevherli çözeltilerin oldukça önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Ayrıca bu cevherleşmelere yer yer Mo zenginleşmelerinin de eşlik etmesi, granitoidlerde gelişen cevherleşmeler ile kireçtaşları ve jasperoidlerde gelişen cevherleşmelere neden olan çözeltilerin eş kökenli olduğunu ifade etmektedir. Fakat cevherleşmelere neden olan bu

çözeltilerin kökenlerinin net olarak ortaya konulabilmesi amacıyla kuvars damarlarında izotop ve sıvı kapanım çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Pınarbaşı granitoidinin evriminin son fazında ise bölgeye kuvars monzodiyoritler yerleşmiştir (Şekil 14.e). Porfirik monzonitler ile monzodiyoritlerin yerleşimi arasında çok zaman aralığı olmadığı, porfirik monzonitleride gözlenen monzodiyoritlere ait anklavlardan ve iki birim arasındaki geçişli dokanaklardan anlaşılmaktadır. Fakat kuvars monzodiyoritlerin bölgede hakim alterasyonlardan çok yoğun etkilenmemiş olması nedeniyle ikinci evre cevherleşme fazı sırasında ve sonrasında bölgeye yerleştiği düşünülmektedir. Nispeten sıcak monzodiyorit sokulumları ile iki birim dokanaklarına yakın kesimlerde ve monzodiyoritik daykların sokulum yaptığı kesimlerde zayıf bir potasik alterasyon zonundan bahsedilebilir. Monzodiyoritik sokulumlara yakın kesimlerde ve monzodiyoritik dayklarla ilintili, dar bir alanda gözlenen manyetit, biyotit ve feldispat damarları da bu görüşü desteklemektedir.

## SONUÇLAR

Çalışma bölgesinde, Pınarbaşı granitoidi ile ilişkili iki farklı tipte ve evrede gelişmiş cevherleşme saptanmıştır. Birinci evrede, granit içerisinde porfirik monzonit sokulumu ile ağsal kuvars damarlarına bağlı Cu-Mo-Pb-Zn cevherleşmesi ve bu cevherleşmeler ile ilintili olarak arjilik ve serisitik alterasyonlar gelişmiştir. İkinci evrede ise ilk evre cevherleşmesinden sonra yaklaşık 200-375°C sıcaklıktaki, F elementi açısından zengin ve düşük pH'lı çözeltiler ile KB, KD, D-B ve K-G fay sistemlerini kullanarak Mo-Cu-Pb-Zn-kuvars damar sistemleri gelişmiştir. Aynı çözeltiler, yan kayaç olan kireçtaşları içerisinde Pb-Zn, jasperoidler içerisinde ise Sb±Ag±Au cevherleşmeleri gelişiminde de büyük rol oynamıştır. Bu cevherleşmeler ile ilişkili olarak granitik kayaçlarda başlıca profillit, andaluzit, alunite ve diasporadan oluşan alterasyon kuşaklarının gelişmiştir. Damarlar çevresinde gözlenen bu alterasyon kuşakları, ilk evrede gelişen alterasyonları perdelemiş ve tüm bu alterasyon fazları ise adularya, adularya-kuvars damarları tarafından kesilmiştir.

En son fazda ise monzodiyoritik magma, porfirik monzonitler içerisinde sokulum yapmış ve sınırlı bir alanda porfirik monzonitler içerisinde kuvars monzodiyoritler yüzeylenmiştir. Monzodiyoritik birimin alterasyonlardan çok yoğun etkilenmemiş olması; bu magmatik fazın, cevherleşmelerin gelişimi esnasında veya sonrasında porfirik monzonitler içerisinde sokulum yaptığını göstermektedir. Fakat monzodiyoritik sokulumların, saptanan cevherleşmelerin gelişimi açısından önemli bir rol oynadığı düşünülmemektedir.

### KATKI BELİRTME

Bu çalışma, MTA Genel Müdürlüğü ile Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü arasında yapılan protokol gereği 2002-32-57.d1 kodlu, "Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Eskişehir-Balıkesir-Kütahya Metalik Etüdü" projesi kapsamında yapılan çalışmaların bir kısmını kapsamaktadır. Yazarlar, MTA Genel Müdürlüğüne ve Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğüne teşekkür ederler. Ayrıca, yazarlar makalenin değerlendirilmesinden dolayı Baş Editör Doç.Dr. Yurdal GENÇ'e, Hakem Prof.Dr. Taner ÜNLÜ'ye ve ayrıca ismini açıklamayan diğer hakeme teşekkür ederler. Ayrıca, arazi çalışmalarında yardımlarından dolayı Sayın Onur SEZER'e (MTA), Özgür ÖZERKAN'a (MTA) ve Mehmet AVŞAR'a (MTA), XRD analizlerinin yorumlanmasında katkılarlarından dolayı Sayın Bilgin ÇİFTÇİ (MTA) ve Sayın Sezin ÖZAKSOY'a (MTA) teşekkür ederiz.

### KAYNAKLAR

Akdeniz, N. ve Konak, N. 1979. Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi. MTA., Rapor No: 6547, Ankara (yayımlanmamış).

Altunkaynak, Ş. 2007. Collision-driven slab breakoff magmatism in northwestern Anatolia, Turkey. *Journal of Geology*, 115, 63-82.

Altunkaynak, Ş. and Yılmaz, Y. 1998. Petrogenesis and time-progressive evolution of the Cenozoic continental volcanism in the Biga Peninsula, NW Anatolia (Turkey), *Lithos*, 102, 316-340.

Aydoğan, M.S. 2006. Baklan graniti (Murat Dağı, Banaz/Uşak) civarındaki baz metal cev-

herleşmesinin mineral parajenezi, metal zonlanması ve kökenlerinin izotop jeokimyası ile saptanması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 238s.

- Aydoğan, M.S., Çoban, H., Bozcu, M. and Akıncı, Ö. 2008. Geochemical and mantle-like isotopic (Nd, Sr) composition of the Baklan granite from the Muratdağı region (Banaz, Uşak), western Turkey: implications for input of juvenile magmas in the source domains of western Anatolia Eocene-Miocene granites. *Journal of Asian Earth Sciences*, 33, 155-176.
- Bekler, T., Demirci, A., Özden, S. ve Kalafat, D. 2011. Simav ve Emet fay zonlarındaki depremlerin optimum kaynak parametrelerinin analizi. 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara.
- Bozkurt, E. and Satır, M. 2000. The southern Menders massif (western Anatolia): geochronology and exhumation history. *Geological Journal*, 35, 285-296.
- Cengiz, İ. ve Genç, Y. 2003. Domaniç (Kütahya) bakır-molibden cevherleşmesinin jeolojisi ve alterasyon özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 27(2), 47-75.
- Dilek, Y., Altunkaynak, Ş. and Öner, Z. 2009. Syn-extensional granitoids in the Menderes core complex and the Late Cenozoic extensional tectonics of the Aegean province. In: *Extending a continent: Architecture, Rheology and heat Budget*. Ring, U., and Wernicke, B. (Eds.), Geological Society, London, Special Publications, 321, 197-223.
- Doğan, A. ve Emre, Ö. 2006. Ege graben sisteminin kuzey sınırı: Sındırgı-Sincanlı fay zonu. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, Ankara, 83-84.
- Dong, G., Morrison, G. and Jaireth, S. 1995. Quartz textures in epithermal veins, Queensland, -classification, origin, and implication. *Economic Geology*, 90, 1841-1856.
- Dora, Ö. 1969. Karakoca granit masifinde petrolojik ve metalojenik etüdü. MTA, Rapor No:3855, Ankara (yayımlanmamış).

- Ercan, T., Satır, M., Kreuzer, H., Turkecan, A., Günay, E., Çevikbaş, A., Ateş, M. ve Can, B. 1985. Batı Anadolu Senozoyik volkanitlerine ait yeni kimyasal, izotopik ve radyometrik verilerin yorumu. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 28, 121-136.
- Ercan, T., Satır, M., Sevin, D. ve Türkecan, A. 1996. Batı Anadolu'daki Tersiyer ve Kuaterner yaşlı volkanik kayalarda yeni yapılan radyometrik yaş ölçümlerinin yorumu. MTA Dergisi, 119, 103-112.
- Erler, A. 1979. Karakaya (Simav-Kütahya) kurşun, çinko yatağı kükürt izotoplarının incelemesi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 22, 117-119.
- Gawlik, J. 1960. Karakoca-Simav kurşun ocağının etüdü hakkında rapor. MTA, Rapor No: 2813 (yayımlanmamış).
- Gonca, Ş., Karul, B., ve Dilek, S. 1986. Orta Anadolu polimetal aramaları Muratdağı genel jeokimya prospeksiyon raporu. MTA, Rapor No: 8061, Ankara (yayımlanmamış).
- Gökce, A. 1986. Cebirail (Gediz-Kütahya) antimon yatağının jeolojisi. Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yerbilimleri Dergisi, 3(1), 27-35.
- Gökce, A. and Spiro, B. 1994. Stable isotope study of antimony deposits in the Muratdağı Region, Western Turkey. Mineralium Deposita, 29, 361-365.
- Gümüş, A. 1967. Eğrigöz (Emet) köyü kurşun zuhurları. MTA, Rapor No:756, Ankara (yayımlanmamış).
- Hariss, N.B.W., Kelley, S. and Okay, A.I. 1994. Post-collisional magmatism and tectonics in northwest Anatolia. Contributions to Mineralogy and Petrology, 117, 241-252.
- Hasözbeke, A., Akay, E., Erdoğan, B., Satır, M. and Siebel, W. 2010a. Early Miocene granite formation by detachment tectonics or not? A case study from the northern Menderes Massif (Western Turkey). Journal of Geodynamics, 50, 67-80.
- Hasözbeke, A., Satır, M., Erdoğan, B., Akay, E. and Siebel, W. 2010b. Early Miocene post-collisional magmatism in NW Turkey: geochemical and geochronological constraints. International Geology Review, 53(9), 1098-1119.
- Hemley, J.J., Montoya, J.W., Marinenko, J.W. and Luce, R.W. 1980. Equilibria in the system  $Al_2O_3-SiO_2-H_2O$  and some general implications for alteration-mineralization processes. Economic Geology, 75, 210-228.
- Işık, V. 2004. Kuzey Menderes masifinde Simav makaslama zonunun mikro-tektonik özellikleri, batı Anadolu, Türkiye. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni. 47(2), 49-91.
- Işık, V. and Tekeli, O. 2001. Late orogenic crustal extension in the northern Menderes massif (western Turkey): Evidences for metamorphic core complex formation. International Journal of Earth Sciences, 89, 757-765.
- Işık, V., Seyitoğlu, G. and Çemen, İ. 2003. Ductile-brittle transition along the Alaşehir detachment fault and its structural relationship with the Simav detachment fault, Menderes massif, western Turkey. Tectonophysics, 374, 1-18.
- Işık, V., Tekeli, O. and Seyitoğlu, G. 2004. The  $^{40}Ar/^{39}Ar$  age of extensional ductile deformation and granitoid intrusion in the northern Menderes core complex: implications for the intrusion of extensional tectonics in western Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 23, 555-566.
- Kaya, O. 1972. Tavşanlı yöresi ofiyolit sorununun ana çizgileri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 15, 26-108.
- Khashgerel, B.-E., Rye, R.O., Hedenquist, J.W. and Kavlieris, I. 2006. Geology and reconnaissance stable isotope study of the Oyu Tolgoi porphyry Cu-Au system, South Gobi, Mongolia. Economic Geology, 101, 503-522.
- Konak, N. 1982. Simav dolayının jeolojisi ve metamorfik kayaların evrimi. İstanbul Yerbilimleri Dergisi, 3, 313-337.
- Konya, S. 1995. Kütahya, Simav, Dağardı-Örencik antimuan-altın sahası maden



- jeolojisi ön etüt raporu. MTA, Rapor No: 2679, Ankara (yayımlanmamış).
- Köprübaşı, N. and Aldanmaz, E. 2004. Geochemical constraints on the petrogenesis of Cenozoic I-type granitoids in northwest Anatolia, Turkey: evidence for magma generation by lithospheric delamination in a post-collisional setting. *International Geology Review*, 46, 705-729.
- Lawrence, T.L. and Erler, A. 1992. Geologic settings and geochemical signatures of twenty-two precious metal prospects in Turkey. *Geosound*, 1<sup>st</sup> International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, 9-28.
- M.T.A, 2002. 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası, İzmir paftası.
- Oyman, T., Özgenç, İ., Tokçaeer, M. and Akbulut, M. 2012. Petrology, geochemistry, and evolution of the iron skarns along the northern contact of the Eğrigöz Plutonic Complex, Western Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21(In Press).
- Oktay, A.,İ. and Satır, M. 2000. Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey. *Geological Magazine*, 137, 495-516.
- Oygür, V. 1997. Metallogeny of the Simav graben (Inner-Western Anatolia). ODTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 144s.
- Oygür, V. ve Erler, A. 2000. Simav grabeninin metalojenesi (İç-Batı Anadolu, Türkiye). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 43(1), 7-19.
- Oygür, V., Demirbaş, M. ve Bayburtoğlu, B. 2002. Simav (Kütahya) yöresi tahkik jeokimya raporu (J21, J22, K22 paftaları). MTA, Rapor No:1456, Ankara (yayımlanmamış).
- Pourteau, A., Candan, O. and Oberhansli, R. 2010. High-pressure metasediments in central Turkey: Constraints on the Neotethyan closure history. *Tectonics*, 29(5), TC5004.
- Ring, U. and Collins, A.S. 2005. U-Pb SIMS dating of synkinematic granites: timing of core-complex formation in the northern Anatolide belt of western Turkey. *Journal of the Geological Society, London*, 162, 289-298.
- Ring, U., Johnson, C., Hetzel, R. and Gessner, K. 2003. Tectonic denudation of a Late Cretaceous-Tertiary collisional belt: regionally symmetric cooling patterns and their relation to extensional faults in the Anatolide belt of western Turkey. *Geological Magazine*, 140, 421-441.
- Semiz, B., Özpınar, Y. and Helvacı, C. 2010. Geochemistry of the Pınarbaşı granite (Gediz-Kütahya-Western Anatolia), *Goldschmidt Conference Abstracts*, A933.
- Seyitoğlu, G. and Scott, B.C. 1992. Late Cenozoic volcanic evolution of the northeastern Aegean region. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 54, 157-176.
- Sillitoe, R.H. 2010. Porphyry copper system. *Economic Geology*, 105, 3-41.
- Soykal, T., Tuna, E., ve Taşkın, İ., 1980. Kütahya-Simav-Dağardı antımuan cevherleşmesi. MTA, Rapor No: 1768, Ankara (yayımlanmamış).
- Şaroğlu, F., Boray, A. ve Emre, Ö. 1987. Türkiye aktif fayları. MTA, Rapor No:8643, Ankara (yayımlanmamış).
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A. 1992. Türkiye diri fay haritası (1:1000.000). MTA yayınları, Ankara.
- Şener, A.K., Menteş, B., Sarı, R., Saygılı, A. and Tufan, V. 2006. Geological synthesis of epithermal gold deposits in the Sındırgı district, Balıkesir province, Turkey. *ICP486, Au-Ag-Te-Se Deposits, Proceedings of the 2006 Field Workshop*, İzmir, 148-153.
- Taşkın, İ. 1978. Kütahya ili, Simav ilçesi, Ahmetli köyü antımuan zuhurları. MTA, Rapor No:6751, Ankara (yayımlanmamış).
- Thompson, S.M. and Ring, U. 2006. Thermochronologic evaluation of postcollision extension in the Anatolide orogen, western Turkey. *Tectonics*, 25, 1-20.

- Thompson, A.J.B. and Thompson, J.F.H. 1996. Atlas of Alteration, A Field and Petrographic Guide To Hydrothermal Alteration Minerals, Geological Society of Canada, Mineral Deposits Division, 119s.
- Tokay, M. ve Doyuran, V. 1979. Gediz ve dolaylarının sismotektonik özellikleri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 22, 209-210.
- Watanabe, Y. and Hedenquist, J.W. 2001. Mineralogic and stable isotope zonation at the surface over the El Salvador porphyry copper deposits, Chile. Economic Geology, 96, 1775-1797.